

Réduction de la dérive: essai pratique

Simon Schweizer¹, Peter Kauf², Heinrich Höhn¹ et Andreas Naef¹

¹Station de recherche Agroscope Changins-Wädenswil, 8820 Wädenswil, Suisse

²Institut für Angewandte Simulation IAS, Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW, 8820 Wädenswil, Suisse

Renseignements: Simon Schweizer, e-mail simon.schweizer@agroscope.admin.ch, tél. +41 44 783 61 91



Figure 1 | Chaque application de produits phytosanitaires engendre de la dérive.

Introduction

L'application de produits phytosanitaires (PPS) par pulvérisation entraîne la dérive d'une partie de la bouillie sous forme de gouttelettes chargées de substances actives qui se déposent hors de la zone cible du traitement. Cet apport direct aux eaux et aux surfaces non visées représente une part importante de la charge infligée à l'environnement par les PPS. La dérive peut être réduite par

différents moyens contribuant à l'«écologisation» souhaitée de l'agriculture, sans qu'il soit nécessaire d'imposer des restrictions supplémentaires à la production.

Moyens de réduire du risque

La quantité de PPS déposée hors de la culture diminue rapidement avec la distance. Le risque pour l'environnement peut être donc diminué si l'on respecte une distance de sécurité par rapport à la surface sensible, et que

l'on renonce à l'utilisation de PPS dans cet intervalle. D'autre part, on peut aussi réduire la dérive par des mesures efficaces: techniques de pulvérisation réduisant la dérive (type de pulvérisateur, type et taille des buses, pression de pulvérisation, ventilation associée et vitesse d'avancement) ou par des barrières physiques (haies brise-vent ou filets). On n'a pas pris en considération ici d'autres possibilités telles par exemple la pulvérisation uniquement vers l'intérieur des rangées du bord de parcelle ou l'ajout d'adjuvants.

Situation en Suisse

Le risque imposé à l'environnement par la dérive est évalué lors de la procédure d'autorisation d'un PPS. L'importance du risque découle du rapport entre la toxicité et l'exposition (quantité prévisible). Ce rapport est exprimé par la valeur TER (Toxicity Exposure Ratio), un indicateur d'évaluation du risque. La toxicité d'une substance active est déterminée par des tests écotoxicologiques pratiqués sur des organismes modèles. Pour évaluer l'exposition à la dérive, on utilise des fonctions standardisées d'exposition basées sur de nombreuses mesures réalisées dans la pratique (Ganzelmeier *et al.* 1995; FOCUS 2001; Rautmann *et al.* 2001). On fait la distinction entre les diverses cultures et techniques d'application. Les catégories les plus importantes sont les cultures fruitières, la vigne et les cultures basses; parmi les cultures verticales telles les cultures fruitières et la vigne, on distingue les stades précoces et tardifs. Pour l'évaluation des risques posés par la dérive, on part de l'hypothèse que le traitement se fait selon la bonne pratique agronomique: il n'est appliqué que lorsque les conditions météorologiques sont favorables, avec un pulvérisateur bien entretenu et des paramètres d'application adaptés à la culture ainsi qu'à son stade d'avancement (OFEV et OFAG 2013).

Selon les résultats de l'évaluation du risque, les distances de sécurité par rapport aux eaux sont fixées de manière à garantir le respect des valeurs limites de TER. Ces distances peuvent être de 6, 20, 50 ou 100 m. La mise en œuvre de techniques de réduction de la dérive devrait permettre de diminuer les distances de sécurité imposées (OFAG 2008). La plus petite distance de sécurité aux eaux pour toutes les utilisations de PPS est en Suisse de 3 m selon l'ORRChim (2005) et de 6 m pour les exploitations qui fournissent les prestations écologiques requises (PER).

Les distances de sécurité par rapport aux eaux concernent une part importante de la surface productive de l'agriculture suisse. Une étude topographique de la situation dans les cantons de TG, ZH, VD et VS (publication en préparation), réalisée au moyen d'un système d'information géographique (SIG), a révélé

Résumé

L'application de produits phytosanitaires (PPS) par pulvérisation porte atteinte aux eaux et aux surfaces non visées par dérive directe de la bouillie: les gouttelettes chargées de substances actives sont emportées et déposées hors de la surface à traiter. Le risque auquel ces dérives exposent l'environnement est évalué lors de la procédure d'autorisation des PPS. Des distances minimales de sécurité (interdiction d'application) de 6 à 100 mètres par rapport aux eaux de surface sont imposées si nécessaire. Si la dérive est réduite par des moyens adéquats, ces distances peuvent être diminuées. Quatre mesures de réduction de la dérive ont été mises à l'épreuve dans les conditions pratiques de la production de pommes en Suisse. Une haie et les buses à injection ont réduit la dérive de quelque 75 %, un filet antigrêle tendu sur la culture de quelque 65 % alors qu'un filet à grandes mailles servant de brise-vent au bord de la parcelle n'a réduit la dérive que de 20 % environ.

qu'une distance de 100 mètres de toutes les eaux impliquerait l'imposition de restrictions pour plus de 20 % de toutes les surfaces cultivées (sans les surfaces herbagères). C'est pourquoi la réduction de la dérive présente un grand intérêt pour permettre la diminution des distances de sécurité.

La réglementation suisse destinée à réduire les risques liés à la protection phytosanitaire est actuellement en révision. Pour la dérive, c'est un système cumulatif qui est en discussion: la distance de sécurité prescrite pourrait être diminuée par la combinaison de divers dispositifs de réduction de la dérive.

Objectif de l'essai

Les facteurs de réduction de la dérive ont été évalués pour le système susmentionné, au moyen de tests réalisés avec diverses combinaisons de chacun des dispositifs examinés. On a pu ainsi établir pour chaque dispositif un facteur moyen de réduction.

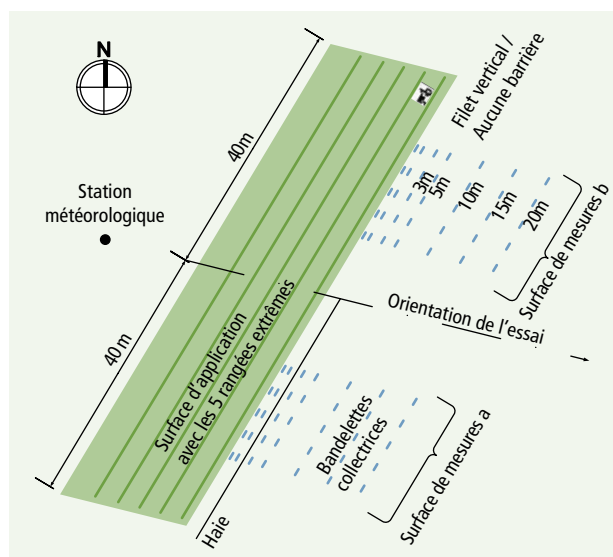


Figure 2 | Disposition de l'essai, représentation à l'échelle.

L'essai a été organisé et réalisé dans des conditions proches de la pratique. L'arboriculture fruitière a servi de modèle de culture. Quoiqu'elle couvre une surface totale modeste, la culture fruitière occupe une grande place dans la problématique de la dérive: d'une part, elle fait l'objet d'un usage intensif de PPS, et d'autre part la dérive est plus importante dans les cultures verticales (p.ex. vergers) que dans les cultures basses (p.ex. champs).



Figure 3a | Mesure des dépôts au moyen de bandelettes de papier filtre. On voit au premier rang la méthode de réduction de la dérive «filet en bordure de la parcelle», à l'arrière-plan la haie brise-vent.

Matériel et méthodes

Dispositif expérimental

Les mesures des dérives ont été réalisées du 30 octobre au 16 novembre 2012 dans le verger expérimental du Centre professionnel BBZ d'Arenenberg à Göttingen (TG). La parcelle était complantée de pommiers Golden Delicious, Arlet et Idared conduits en fuseau sur porte-greffe M9. Les distances de plantation étaient de 3,5 x 1,1 m, la hauteur des arbres de 2,80 m (hauteur du filet antigrêle), le diamètre moyen des couronnes de 1,25 m, l'année de plantation 1998. La moitié de la parcelle en largeur était clôturée par une haie brise-vent (fig. 2, surface de mesures a), l'autre moitié pouvait à choix rester ouverte ou être clôturée par un filet vertical (surface de mesures b).

La dérive a été déterminée au moyen de la technologie des traceurs, en collaboration avec le groupe «Global Application Technology» de la firme Syngenta. Cela signifie qu'à la place d'un PPS, on a pulvérisé et quantifié un traceur (substance fluorescente). Les dépôts du traceur ont été mesurés aux distances de 0, 1, 3, 5, 10, 15, 20, 30, 50 et 75 m du bord de la parcelle. Cinq bandelettes de papier filtre de 250 cm² chacune ont été posées au sol (fig. 2, fig. 3a) à chaque distance et pour chaque mesure. À chaque passage de traitement, les cinq rangées extérieures ont été traitées des deux côtés au moyen d'un pulvérisateur de type usuel: Holder NI800 avec ventilateur OVS50, 7 buses Albuz ATR80 jaunes de chaque côté, pression de pulvérisation 9,5 bar, vitesse d'avancement 6,2 km/h, volume de ventilation total 13 000 m³/h, quantité de bouillie 400 l/ha avec 180 g de traceur Helios SC500 (Syngenta). Les

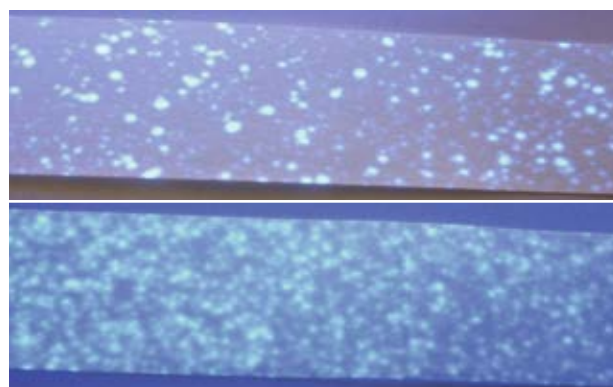


Figure 3b | Bandelettes collectrices sous éclairage ultra-violet. En haut: buse à injection d'air. En bas: buse à jet conique creux, les deux à distance de 5 m du bord de la parcelle. (Photo: Stefan Wolf, Syngenta)

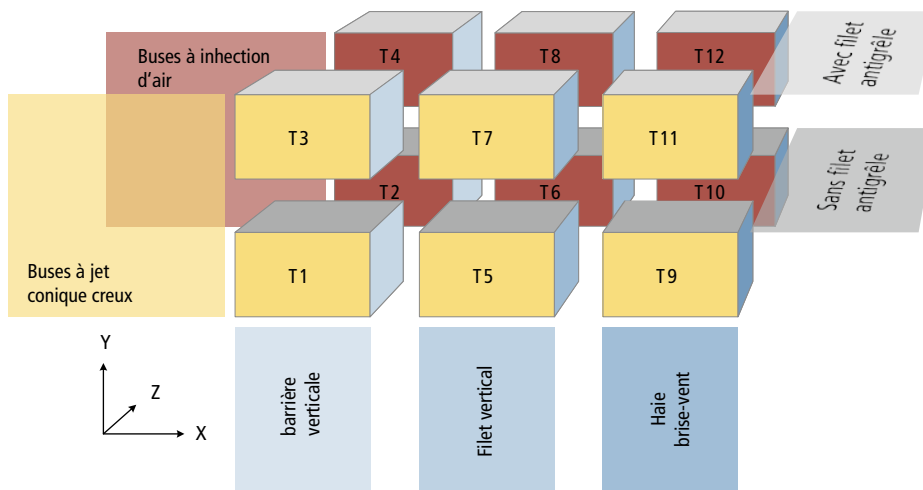


Figure 4 | Représentation de tous les procédés en matrice tridimensionnelle. Chaque cube représente un procédé (T: Treatment), chaque plan un niveau de facteur. X: barrière physique en bordure de la parcelle; Y: barrière physique au-dessus de la parcelle; Z: technologie des buses.

dépôts sur les bandelettes (fig. 3b) ont été évalués quantitativement, par fluorométrie, dans les laboratoires de Syngenta.

Quatre dispositifs destinés à réduire la dérive ont été testés: 1. Buses à injection d'air (Lechler ID 90–015 vertes à 8,5 bar), 2. Filet antigrêle au-dessus du verger (mailles de 3,3×8 mm, densité optique 15 %), 3. Haie brise-vent (charme, hauteur 4,4 m, largeur 85 cm, densité optique 82 %) et 4. Filet vertical en bordure de la parcelle (hauteur 3,8 m, identique à celui tendu au-dessus du verger). Les dispositifs à examiner ont été classés dans les catégories «Technologie des buses», «Barrière physique au-dessus de la parcelle» et «Barrière physique en bordure de la parcelle» et combinés dans toutes les variantes raisonnables. Il en est résulté douze différentes combinaisons (procédés T1 à T12, fig. 4). Chaque procédé a fait l'objet d'au moins trois répétitions.

Durant toute la période de mesure, les conditions météorologiques ont été très changeantes. La direction et la vitesse du vent, la température et l'hygrométrie ont été enregistrées toutes les 30 s durant chaque passage de traitement (application y c. 8 minutes d'attente pour que le dépôt soit complet). L'interprétation de ces enregistrements s'est faite sur la base des valeurs moyennes (moyennes vectorielles pour la vitesse et la direction du vent). La direction du vent a été calculée en tant qu'écart à l'orientation de l'essai. On a exclu de l'interprétation toutes les répétitions dont l'écart de la direction du vent

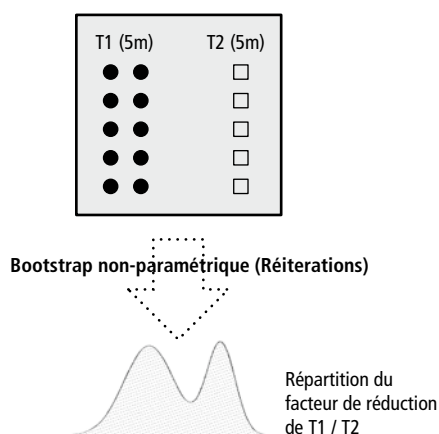
dépassait 40 ° et la vitesse du vent était inférieure à 0,5 m/s (18 de 56 répétitions). Les mesures utilisées ont été acquises dans les conditions suivantes: directions du vent -39,6 à 20,3 °, vitesses du vent 0,6 à 2,8 m/s, températures 3 à 10,5 °C, hygrométries 59,3 à 100 %.

Calcul des valeurs de réduction de la dérive au moyen d'un bootstrap non paramétrique

Les facteurs de réduction de la dérive sont normalement évalués selon la norme ISO 22369–2 (2010) par la comparaison d'un procédé candidat avec un procédé de référence. Dans le cas présent, l'expérimentation n'avait cependant pas pour but de comparer une technologie prise isolément à une référence donnée. Il s'agissait d'évaluer des facteurs de réduction pour plusieurs dispositifs susceptibles d'une mise en œuvre combinée. D'habitude, on utilisait un modèle de régression multifactoriel généralisé pour un protocole d'essai multifactoriel de ce type. Cela n'était pas possible ici, car l'influence des conditions météorologiques sur les valeurs mesurées n'était pas quantifiable. Aucun des dispositifs d'analyse testés (modèles linéaires et non linéaires) n'a donné des résultats satisfaisants.

Comme alternative, une méthode comportant deux étapes a été développée: dans la première étape, on a comparé des paires de procédés ne se distinguant que par un seul paramètre. Par exemple, il y avait six paires d'alternatives pour les types de buses (fig. 4 premier

A) Valeurs de mesure de la paire comparative T1 / T2 (n=15)



B) Stabilisation de la répartition du facteur de réduction

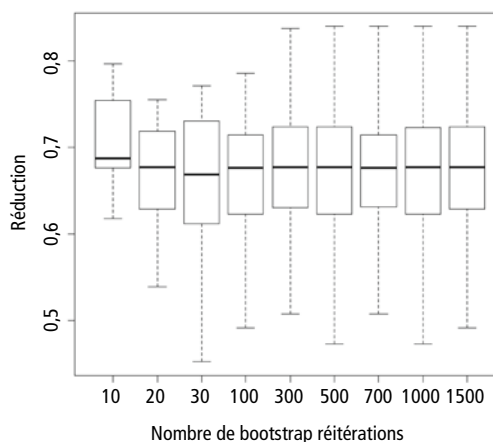


Figure 5 | A) Une distribution du facteur de réduction a été déterminée à partir des échantillons (p.ex. buses, comparaison par paires T1 / T2, distance 5 m).

B) La distribution du facteur de réduction s'est stabilisée après quelque 500 réitérations.

plan ↔ arrière-plan). Un facteur de réduction a été calculé pour chacune des paires alternatives, où l'on n'a comparé les valeurs mesurées des dépôts que pour les passages réalisés dans des conditions analogues de direction et vitesse du vent (critères d'analogie: différences de direction $\leq 30^\circ$, de vitesse $\leq 0,5$ m/s). Après application des critères d'analogie pour les conditions de vent, il restait pour ces comparaisons par paires 10 à 30 mesures pour chaque distance au bord de la parcelle. Dans la deuxième étape, on a réuni les effets de réduction individuels des paires afin d'obtenir la réduction moyenne de la dérive pour chaque dispositif. On a utilisé un bootstrap non paramétrique (Efron et Tibshirani 1998; Davison et Hinkley 2003) pour calculer les facteurs de réduction de la dérive avec leurs variabilités réalistes.

Le bootstrap non paramétrique est une méthode comportant un pas de simulation d'une distribution réaliste du facteur de réduction à partir des valeurs de mesure utilisables des comparaisons par paires (fig. 5a). À cet effet, on a procédé à un tirage aléatoire de données de mesure (avec restitution). La comparaison des médianes des deux tirages a donné un facteur de réduction. Ces tirages avec comparaisons des médianes ont été réitérés jusqu'à stabilisation de la répartition du facteur de réduction (fig. 5b). Statistiquement, cela correspond à un échantillonnage de distributions non paramétriques pour déterminer la distribution d'une valeur

recherchée (les méthodes paramétriques ne sont pas applicables ici, par exemple du fait qu'il n'est pas possible d'établir une distribution normale plausible sur la base de trop petits nombres d'échantillons).

Une telle distribution du facteur de réduction a été établie pour chaque paire comparée dans la qualification d'un dispositif. Ces distributions ont alors été agrégées pour donner le résultat final: le facteur de réduction d'un dispositif individualisé avec sa variabilité, compte tenu des différentes combinaisons et conditions météorologiques.

Résultats

La plausibilité des mesures faites à Güttingen a été confirmée par une comparaison avec les fonctions de dépôts (90es centiles et médianes) selon Rautmann (Rautmann *et al.* 2001; Rautmann 2003). Les dépôts résultant du procédé T1 (fig. 4) correspondent largement à ces fonctions.

L'exploitation des données a été limitée aux distances comprises entre 3 et 20 m, correspondant à la norme ISO 22866 (2005) selon laquelle la distance de mesure ne doit pas dépasser la moitié de la largeur de la surface d'application (ici 40 m pour chaque surface à mesurer). Les valeurs de réduction de la dérive établies au moyen des bootstraps non paramétriques pour les quatre dispositifs examinés figurent dans le tableau 1.

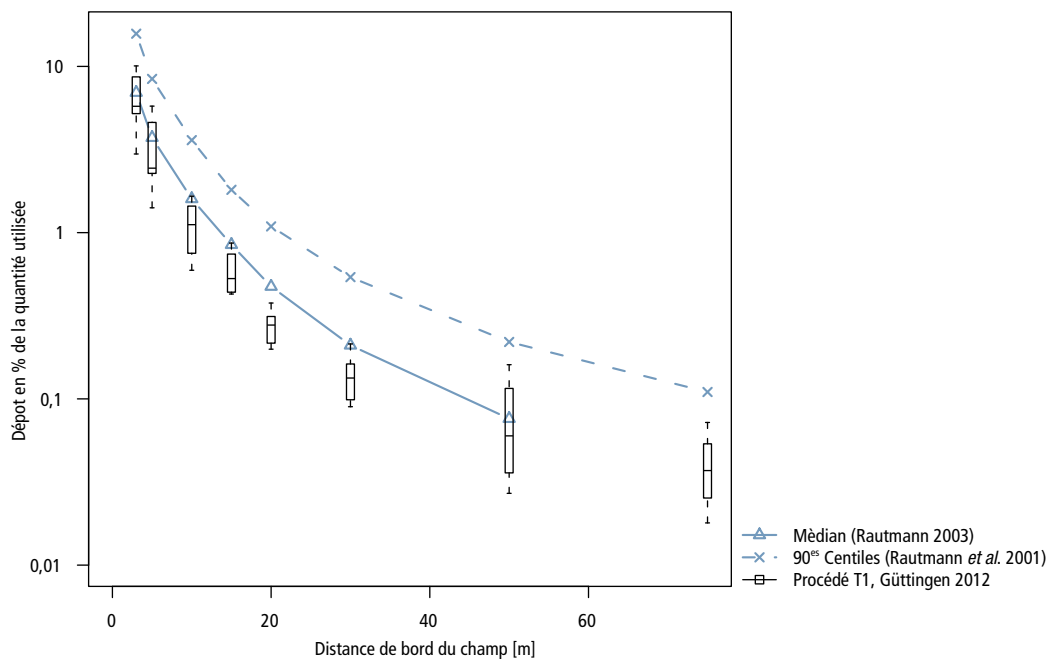


Figure 6 | Comparaison des valeurs des dépôts à Güttingen (procédé T1) avec les fonctions de dépôt (90es centiles et médianes) selon Rautmann (Rautmann *et al.* 2001; Rautmann 2003).

Discussion

Moyens de réduire la dérive

L'utilisation de buses à injection d'air a réduit la dérive de quelque 75 %, ce qui correspond à l'estimation de Van de Zande *et al.* (2012). Les résultats de l'estimation faite par ces derniers ont été obtenus par l'analyse de la distribution de la taille des gouttelettes (part volumique des gouttelettes < 100 μm) et vérifiés par des mesures au champ.

Selon Herbst *et al.* (2012), un filet antigrêle disposé au-dessus de la culture réduit la dérive d'au moins 50 %, voire jusqu'à 75 % selon le type de buses. Ces résultats ont été confirmés à Güttingen, où le filet antigrêle a réduit la dérive de 67 à 84 % en moyenne (il a été tenu compte des procédés avec buses à injection d'air aussi bien qu'avec buses à jet conique creux).

Les indications données sur les taux de réduction réalisés par des haies brise-vent varient de 10 % en hiver (Wenneker et Van de Zande 2008) à 90 % lorsque le feuillage est complètement développé (Ucar et Hall 2001). Selon Richardson *et al.* (2004), la réduction de la dérive par une haie est la plus élevée à proximité immédiate de celle-ci. L'effet de réduction semble diminuer avec la distance, ce que les résultats de la présente étude tendent à confirmer. Les critères d'évaluation d'une haie

quant à ses propriétés de réduction de la dérive sont sa hauteur (plus haute que la culture traitée), sa densité (pas trop basse, pas trop élevée) et son type: il est important que le développement du feuillage de la haie soit précoce. Wenneker et Van de Zande (2008) recommandent l'érable, le sureau, l'aubépine ou le charme. Avec une densité optique de 82 %, la haie de charme de Güttingen a permis une réduction de la dérive qui, avec des valeurs médianes de 78 à 95 %, peut être considérée comme bonne.

Les procédés intégrant le filet vertical en bordure de parcelle ont été testés dans des conditions de vents particulièrement défavorables. Après application des critères d'analogie (voir ci-dessus), on n'a pu retenir que 35 données de mesure par distance. Ce faible effectif de mesures associé à une grande variabilité a entraîné une énorme dispersion des résultats. L'apparition de valeurs en partie négatives de réduction de la dérive pour le filet vertical est à considérer dans cette perspective. Pourtant, on peut retenir qu'un filet vertical n'offre guère de potentiel de réduction de la dérive, bien que ce filet soit identique à celui tendu au-dessus du verger. Il faudra procéder à d'autres essais pour savoir si l'on peut attendre un meilleur effet d'un autre matériel, par exemple d'un filet de protection anti-insectes à petites mailles ou d'un voile de protection contre le vent. ➤

Tableau 1 | Médianes et quartiles de la réduction de dérive en % pour les quatre procédés examinés, selon la distance au bord de la parcelle. Résultats du calcul des données de l'essai multifactoriel réalisé au moyen du bootstrap non paramétrique. n: nombre de mesures par distance.

Médianes et quartiles de la réduction de la dérive [%]	3 m		5 m		10 m		15 m		20 m	
Buses à injection d'air n=105	80	86 74	81	87 74	79	85 67	83	89 45	76	88 33
Filet antigrêle n=105	67	78 49	67	87 56	76	96 64	84	92 67	79	94 57
Haie brise-vent n=80	95	98 89	84	94 73	85	98 62	86	96 66	78	92 48
Filet vertical n=35	21	78 -8	29	70 8	19	55 -36	7	35 -22	-44	-13 -73

Interprétation des résultats

Les facteurs de réduction indiqués dans le tableau 1 ne sortent pas du cadre des résultats obtenus par divers instituts européens, bien que les dispositifs aient été évalués en combinaison dans cet essai. Il est donc possible d'établir une réglementation de diminution des distances de sécurité qui admette le cumul des facteurs de réduction de la dérive. Cette interprétation est souhaitable du point de vue des producteurs, car elle leur donne la plus grande liberté possible dans le choix de la méthode de réduction de la dérive. Cependant, il y a une dispersion relativement grande des facteurs de réduction de la dérive; les quartiles sont en partie éloignés de la médiane (tabl. 1). Cela tient principalement à la prise en compte des diverses combinaisons de dispositifs; mais aussi à la prise en considération, conforme à la pratique, des différentes conditions météorologiques. Il faudra en tenir compte lors de l'élaboration d'une réglementation de diminution des distances de sécurité. La prudence sera de mise particulièrement pour ce qui concerne la combinaison de plusieurs méthodes susceptibles d'entraîner ensemble une très importante réduction de la dérive. À ce sujet, Herbst *et al.* (2012) ont constaté n'avoir jamais mesuré une réduction de 99 % de la dérive, sauf à utiliser des pulvérisateurs à pan-neaux récupérateurs.

Les valeurs de réduction ont pu être calculées pour des distances de 3 à 20 m du bord de la parcelle. Ces résultats ne permettent pas de déduire mathématiquement la quantité potentielle de dépôts à des distances plus grandes: Rautmann *et al.* (2001) ont montré que la fonction de dépôt ne pouvait pas être extrapolée en série continue dans les cultures verticales. En particulier, on peut supposer que le facteur de réduction de la dérive diminue avec la distance en présence de barrières physiques placées en bordure de parcelle (cf. Richardson *et al.* 2004).

Conclusions

Les effets des méthodes de réduction de la dérive testées à Göttingen correspondent dans une large mesure aux résultats obtenus dans d'autres essais réalisés en Europe. Il est donc possible, sur la base de ces résultats, d'envisager une réglementation autorisant la diminution des distances de sécurité en fonction de diverses combinaisons de dispositifs de réduction de la dérive. Il faudra cependant tenir compte de la grande dispersion des facteurs de réduction lors de l'utilisation de ceux-ci. Ces dispersions montrent la variabilité de la réduction de la dérive dans les conditions pratiques.

Avec l'utilisation du bootstrap non paramétrique dans la conception d'un essai multifactoriel, une méthode a été développée qui a permis d'évaluer des dispositifs de réduction de la dérive en diverses combinaisons et dans différentes conditions météorologiques. ■

Riassunto

Misure per ridurre la deriva in una prova nella pratica

Nell'applicazione mediante irroratrice di prodotti fitosanitari le acque superficiali e altre superficie limitrofe non interessate sono contaminate dalla deriva: goccioline contenenti sostanze attive vengono trasportate e depositate al di fuori della zona di destinazione. Nel corso del processo di omologazione di un prodotto fitosanitario l'atteso rischio ambientale è stimato attraverso la deriva. Se necessario si stabiliscono delle zone cuscinetto tra 6 e 100 m di distanza dalle acque superficiali (distanza di sicurezza con divieto d'applicazione). Queste distanze possono essere ridotte, se la deriva è ridotta mediante delle misure idonee. Quattro misure per ridurre la deriva sono state testate alle condizioni pratiche nella produzione di mele svizzere. Sia siepi che ugelli a iniezione hanno ridotto la deriva di ca. il 75 %, la posa di una rete antigrandine a coprire il frutteto di ca. il 65 %, mentre una rete a maglie larghe posata come frangivento a bordo del campo ha ottenuto solamente il 20 % di riduzione.

Summary

Spraydrift – mitigation measures in field trials

Drug-containing droplets from the application of plant protection products (PPP) can be transported and deposited outside of the target area, which is called direct spray drift and affects adjacent waterbodies and other non-target areas. The environmental risk expected through spray drift of PPP is estimated as part of the authorization-process. If necessary, spray free buffer zones of 6 to 100 m must be applied towards surface waters. If drift is reduced by appropriate measures, the width of these buffer zones could be diminished. Four drift reduction measures have been tested under practical conditions of Swiss apple production. Windbreak hedges or injector nozzles reduced drift by approx. 75 % each, a hail net on the top of the orchard by approx. 65 %. A coarse-mesh net as a windbreak at the edge of the field showed an effect of about 20 % drift reduction only.

Key words: risk mitigation measures, spray drift, nozzles, windbreaks, hail net, vertical net, buffer zones, plant protection products, orchard, bootstrap, tracer.

Bibliographie

- Davison A. C. & Hinkley D. V., 2003. Bootstrap methods and their application. Cambridge University Press, Cambridge. 582 p.
- Efron B. & Tibshirani R. J., 1998. An introduction to the bootstrap. Chapman and Hall/CRC, Boca Raton, Florida. 436 p.
- FOCUS, 2001. FOCUS Surface Water Scenarios in the EU Evaluation Process under 91/414/EEC. Report of the FOCUS Working Group on Surface Water Scenarios, EC Document Reference SANCO/4802/2001-rev.2. 245 p.
- Ganzelmeier H., Rautmann D. et al., 1995. Untersuchungen zur Abtrift von Pflanzenschutzmitteln. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem 304.
- Herbst A., Osteroth H.-J. et al., 2012. Test procedure for drift reducing equipment. Fourth European Workshop on Standardised Procedure for the Inspection of Sprayers, SPISE 4, Lana (South Tirol), *Julius-Kühn-Archiv* 439, 234–238.
- ISO, 2005. Equipment for crop protection - Methods for field measurement of spray drift. Ref. Nr. ISO 22866:2005(E).
- ISO, 2010. Crop protection equipment - Drift classification of spraying equipment. Part 2: Classification of field crop sprayers by field measurements. Ref. Nr. ISO 22369-2:2010(E).
- OFAG, 2008. Instructions relatives aux distances de sécurité à respecter par rapport aux eaux de surface et aux mesures permettant de réduire ces distances. Office fédéral de l'agriculture OFAG, Berne.
- OFEV et OFAG, 2013. Produits phytosanitaires dans l'agriculture. Un module de l'aide à l'exécution Protection de l'environnement dans l'agriculture. Office fédéral de l'environnement, Berne. L'environnement pratique 1312, 58 p.
- ORRChim, 2005. Ordonnance sur la réduction des risques liés à l'utilisation de substances, de préparations et d'objets particulièrement dangereux (Ordonnance sur la réduction des risques liés aux produits chimiques, ORRChim). 814.81. Etat le 1^{er} septembre 2013.
- Rautmann D., 2003. Drift reducing Sprayers - Testing and Listing in Germany. ASAE Annual International Meeting 27-30 July, Las Vegas, Nevada (USA).
- Rautmann D., Streloke M. et al., 2001. New basic drift values in the authorization procedure for plant protection products. *Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem* 383, 133–141.
- Richardson G. M. Walklate P. J. et al., 2004. Spray drift from apple orchards with deciduous windbreaks. *Aspects of Applied Biology* 71, 149–156.
- Ucar T. & Hall F. R., 2001. Windbreaks as a pesticide drift mitigation strategy: a review. *Pest Management Science* 57 (8), 663–675.
- Van de Zande J. C., Weneker M. et al., 2012. Nozzle classification for drift reduction in orchard spraying. *Aspects of Applied Biology* 114, 253–261.
- Weneker, M. et Van de Zande, J. C., 2008. Spray drift reducing effects of natural windbreaks in orchard spraying. In: International advances in pesticide application: Robinson College, Cambridge, UK, 9-11 January 2008 (Ed. Alexander, L. S.). Association of Applied Biologists, *Wellesbourne*, 25–32.