

ÉVOLUTION DES PROTOCOLES DE MESURE DE LA DÉRIVE AU CHAMP ET EN SOUFFLERIE

J.-P. DOUZALS

IRSTEA UMR ITAP 361, rue JF Breton F-34196 Montpellier France
jean-paul.douzals@irstea.fr

RÉSUMÉ

Le contexte actuel pousse à une nécessaire évolution des protocoles de mesure de la dérive des sprays agricoles du fait des difficultés de mesure liées aux contraintes de protocole, de la grande variabilité des résultats généralement observée mais aussi par la décision de réviser la norme ISO 22856 pour la mesure de la dérive des sprays en soufflerie. Les deux méthodologies sont confrontées à des problèmes différents. D'une part les conditions atmosphériques (stabilité, vitesse et direction du vent) constituent le principal frein à la répétabilité des résultats des mesures au champ. Des paramètres additionnels ont aussi été identifiés dans la base de données SETAC DRAW comme la présence, le type et le stade végétatif d'une culture par exemple. La situation est encore plus problématique pour les cultures pérennes où l'alternative envisagée correspond à la mesure de la dérive aérienne.

D'autre part les mesures de dérive en soufflerie, si elles sont censées apporter un gage de stabilité des conditions atmosphériques, elles sont confrontées au problème de l'harmonisation des situations de référence (calibre, pression, hauteur des buses) et des protocoles de mesures basés sur une exposition de plus ou moins longue durée de collecteurs sous des conditions de vent différentes. Cet article a pour objectif de définir l'état de l'art en matière de comparabilité des protocoles de mesure de la dérive sédimentaire et de la dérive aérienne.

Mots-clés : pulvérisation, dérive au champ, soufflerie, buses, protocoles.

ABSTRACT

EVOLUTION OF SPRAY DRIFT MEASUREMENT PROTOCOLS IN-FIELD AND IN WIND TUNNELS

The current context offers possibilities for the evolution of spray drift measurement protocols because of experimental constraints, the relatively high variability of the field tests and the recent agreement for the revision of ISO 22856 dealing with the spray drift measurement in wind tunnels. Both approaches face different problems. On one hand, atmospheric conditions (wind stability, speed and direction) are a prevailing constraints for the repeatability of field tests. Several additional parameters were also identified in the SETAC DRAW database such as the presence and the type of row crop for example. The situation becomes even more problematic for perennial crops and alternative protocols based on airborne drift are envisaged. On the other hand, spray drift measurement in wind tunnel, as offering an acknowledged presumption of stable climatic conditions, faces the question of the harmonization of both reference situations (nozzles and settings) and measurement protocols themselves as based on either a short or a longer duration exposure of collectors under different wind speed conditions. This paper aims at defining the state of the art of current issues related to the spray drift measuring protocols while identifying ways of improvements.

Keywords: spray drift, in-field, wind tunnel, nozzles, protocols.

INTRODUCTION

Selon la norme (ISO 22866, 2005) la dérive des sprays au champ correspond à la fraction de liquide qui est entraînée hors de la parcelle traitée sous l'effet du vent au moment de l'application. Cette même norme distingue néanmoins deux types de dérive correspondant à deux protocoles d'échantillonnage différents (Fig. 1).

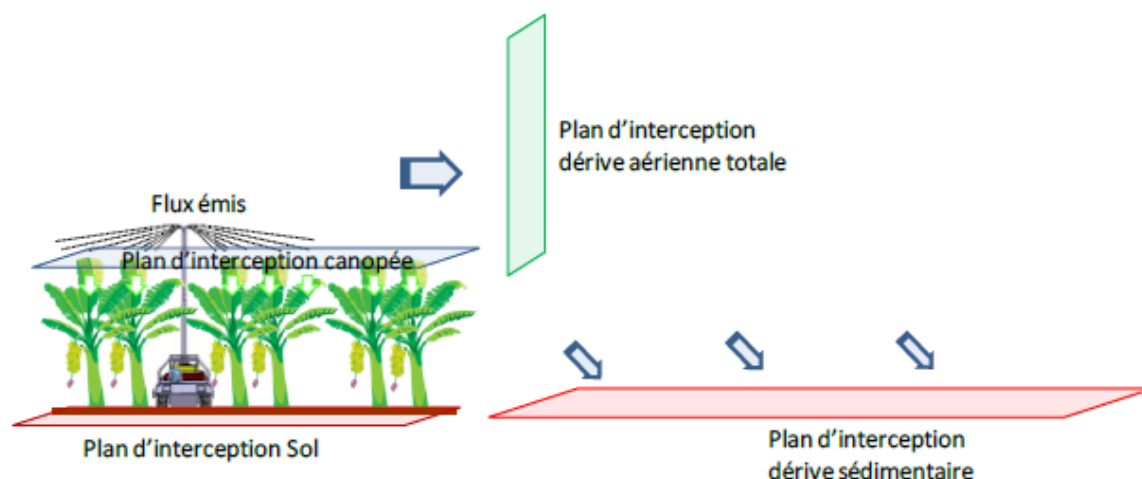


Fig 1 : Eléments constitutifs d'un bilan-masse lors de l'application de produits phytosanitaires et principe d'échantillonnage pour la dérive aérienne et sédimentaire. D'après Irstea 2013. *Elements of the mass balance during a spray application and sampling techniques for airborne and ground sedimentation drift, After Irstea 2013.*

Le premier protocole correspond à l'évaluation des dépôts selon un plan d'interception horizontal et permet d'évaluer quantitativement l'impact sur une culture adjacente ou un cours d'eau à différentes distances sous le vent (définies notamment par la norme (ISO 22369-2, 2010) par exemple. Le deuxième principe correspond à un plan d'interception vertical constitué de filaments horizontaux placés à différentes hauteurs. Ce protocole permet l'estimation de la dérive aérienne. Si quelques études ont été menées, notamment en cultures pérennes (Van de Zande et al., Suprofruit 2015), il n'existe pas à proprement parler de correspondance entre ces deux types de mesures.

Cas des cultures basses

La mesure de la dérive pour des besoins réglementaires a débuté à la fin des années 80 en Allemagne avec la publication de plusieurs synthèses de données en 1995 puis en 2001 (Rautman and Ganzelmeier, 2001) issues de mesures essentiellement réalisées sur une prairie simulant les cas de cultures basses. Ces données ont très tôt identifié le grand niveau de variabilité des résultats issus de conditions de vent et de type de pulvérisateur potentiellement différents ; c'est pourquoi la synthèse de ces données (plus de 200 essais unitaires à ce jour) a donné lieu à un modèle statistique reconnu en Europe pour l'évaluation des impacts écotoxicologiques lors du processus d'évaluation des substances actives (FOCUS EFSA). Si les courbes (Tab. 1) continuent à faire référence en Europe, d'autres mesures ont conduit aux modèles IDEFIX aux Pays Bas ou LERAP au Royaume Uni.

Table 1 : Valeurs de base de dérive sédimentaire en % de la dose appliquée (90^{ème} centile) d'après Rautmann et al., 2001/ *Basic drift values in % of application volume (90th percentile) for ground sedimentation drift, after Rautmann et al., 2001*

Distance [m]	Cultures basses	Vergers		Vigne	Houblon
		précoce	tardif		
1	2.77				
3		29.20	15.73	8.02	19.33
5	0.57	19.89	8.41	3.62	11.57
10	0.29	11.81	3.60	1.23	5.77
15	0.20	5.55	1.81	0.65	3.84
20	0.15	2.77	1.09	0.42	1.79
30	0.10	1.04	0.54	0.22	0.56
40	0.07	0.52	0.32	0.14	0.25
50	0.06	0.30	0.22	0.10	0.13

La constitution de la base de donnée SETAC DRAW (Drift Reducing Assessment Workshop) a permis d'identifier des niveaux de variabilité importants pour des situations d'applications censées être proches du point de la technique d'application (voir article Douzals, même publication).

Outre une meilleure connaissance des conditions atmosphériques par un meilleur échantillonnage des conditions de vent, la prise en compte d'une végétation et de son stade de développement sont des questions majeures. Par exemple, dans leur rapport, Vande Zande et al., 2015 comparent des conditions d'application identiques réalisées en Allemagne sur un turf et identifient des écarts allant de 1 à 4.

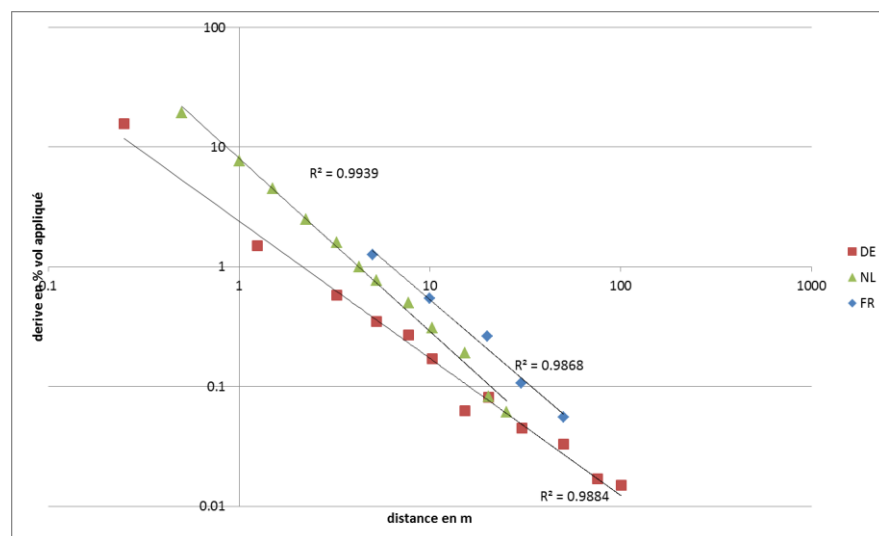


Fig 2: Dérive sédimentaire issue de différents systèmes de traitement de référence européens/Sedimentation spray drift data issued from different national reference spraying systems.

D'autres mesures réalisées en Allemagne et aux Pays Bas comparent des mesures de dérive sédimentaire en situation de culture de blé, betterave ou pomme de terre. Les écarts quantitatifs obtenus peuvent varier dans un facteur de 1 à 10.

Des modèles prédictifs de la dérive basés sur des études expérimentales ou phénoménologiques ont été publiés (Lebeau et al., 2011 ; Baetens et al., 2010, Butler Ellis and Miller, 2010). Ces modèles, souvent limités aux cultures basses, n'ont jamais été déployés à des fins réglementaires et leur robustesse selon la culture n'a pas été réellement éprouvée.

Le cas des cultures hautes

Le cas des cultures hautes est plus problématique car les mesures de terrain restent difficiles à effectuer avec la double contrainte d'orientation du vent par rapport aux rangs de traitement et à la disponibilité d'un espace suffisant sous le vent afin de mesurer les dépôts au sol. De plus les conditions d'application avec une forte assistance d'air et une végétation poreuse aux stades précoces favorisent la dérive.

Sous l'impulsion de la CIETAP réunie en séminaire en Juillet 2014 à Montpellier, un rapport a été remis au Ministère de l'Agriculture - DGAL proposant une série de mesures permettant de favoriser l'inscription de matériels à limitation de dérive en cultures pérennes (CIETAP, 2014). Une des propositions de ce séminaire était de proposer une inscription provisoire de matériels réputés plus performants sur la base d'une expertise collective (Instituts techniques agricoles, Irstea).

Cette démarche a donné lieu à la publication d'un avis aux opérateurs (DGAL, 2015) puis à l'évolution de la liste des matériels inscrits. A ce jour, la liste comprend 186 références de buses (applications en cultures basses et désherbage des cultures hautes) et 83 matériels pour les cultures hautes. La majorité de ces matériels étant inscrits à titre provisoire, leur inscription définitive est sujette à validation par des essais. Pour ce faire, différentes méthodologies complémentaires sont envisagées à la fois sur le protocole de mesure de la dérive d'une part et sur la production de vent artificiel pour augmenter les possibilités de mesures.

Le cas des mesures en souffleries

Dans le milieu des années 90, la variabilité identifiée dans les mesures au champ ont très tôt conduit au développement de mesures en condition de vent maîtrisées en soufflerie. Cela a conduit à la publication de la norme ISO 22856,2008 qui, si elle définit une méthode principale de mesure sous forme d'un plan d'interception vertical, laisse la porte ouverte à d'autres protocoles et ne définit ni les conditions de référence ni les moyens de classer la performance de buses à dérive limitée.

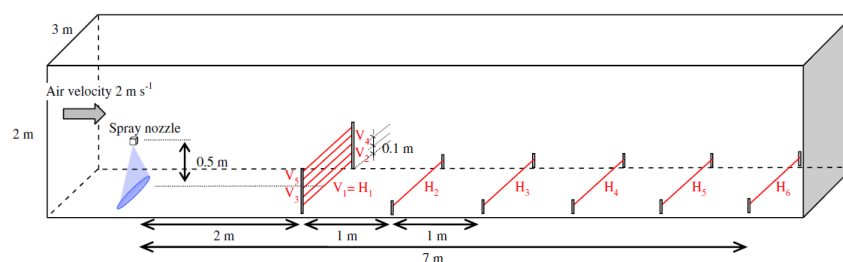


Fig 2 : Principe de mesure en soufflerie d'après la norme ISO 22856/wind tunnel experimental protocols according to ISO 22856.

Trois structures en Europe utilisent des souffleries pour des besoins réglementaires : Julius Kühn Institute à Braunschweig en Allemagne, Silsoe Spray Application Unit, Silsoe, UK et IRSTEA Montpellier, France. Si la structure, les dimensions et performances de ces 3 souffleries sont très proches, il est à noter qu'à ce jour aucune de ces souffleries n'utilise un protocole équivalent (Tab. 2)

Tableau 2 : dimensions et protocoles utilisés dans 3 souffleries en Europe/*Dimensions and protocols used in the 3 main wind tunnels in Europe.*

Pays	Section x longueur	Vitesse de vent	Exposition	Protocole
Allemagne JKI	3 x 2 x 10m	2 m/s	5 à 10s	Plan d'interception vertical situé à 2M de distance avec 1 fil horizontal tous les 0.1m de 0.1m à 1m de hauteur (ISO 22856)
Royaume Uni, SSAU	3 x 2 x 10m	2 m/s	5 à 10s	Plan d'interception horizontal avec 1 fil horizontal situé à 0.1m du sol tous les mètres sous le vent de 1m à 5m
France, Irstea	3 x 2 x 9m	7.5 m/s	~2h	Banc de répartition au sol – gouttières 5cm sur 9m de longueur (-1.2m jusqu'à 7.8m)

Ce bref état de l'art identifie différents points qui constituent les orientations actuelles de recherche, notamment la comparabilité des méthodologies et des résultats entre dérive sédimentaire et dérive aérienne.

1. LES RECHERCHES EN COURS - MESURE DE LA DERIVE AU CHAMP

CULTURES BASSES

Les principaux travaux internationaux sont menés dans le cadre du projet DRAW donnant lieu à une présentation spécifique. La situation est très contrastée en Europe avec en général une gamme possible de réduction de dérive associée à une gamme de ZNT. Aux Pays Bas par exemple, on observe un durcissement dans la réduction de la dérive de 50% à 75% et prochainement 90%.

CULTURES HAUTES

ACTION PULV ARBO DÉRIVE

Des mesures comparatives de dérive au champ sont actuellement menées dans le cadre du projet Pulv Arbo. Elles visent à déterminer les possibilités de raccordement des protocoles de dérive sédimentaire et de dérive aérienne. Une première campagne en 2016 menée au CTIFL de Bergerac a permis de tester différentes distances d'échantillonnage pour le protocole dérive aérienne conduisant à préconiser la distance optimale de 5m. Sur cette base, une campagne d'essais a été réalisée en 2017 à Sudexpé (CEHM) permettant de collecter des premiers résultats.

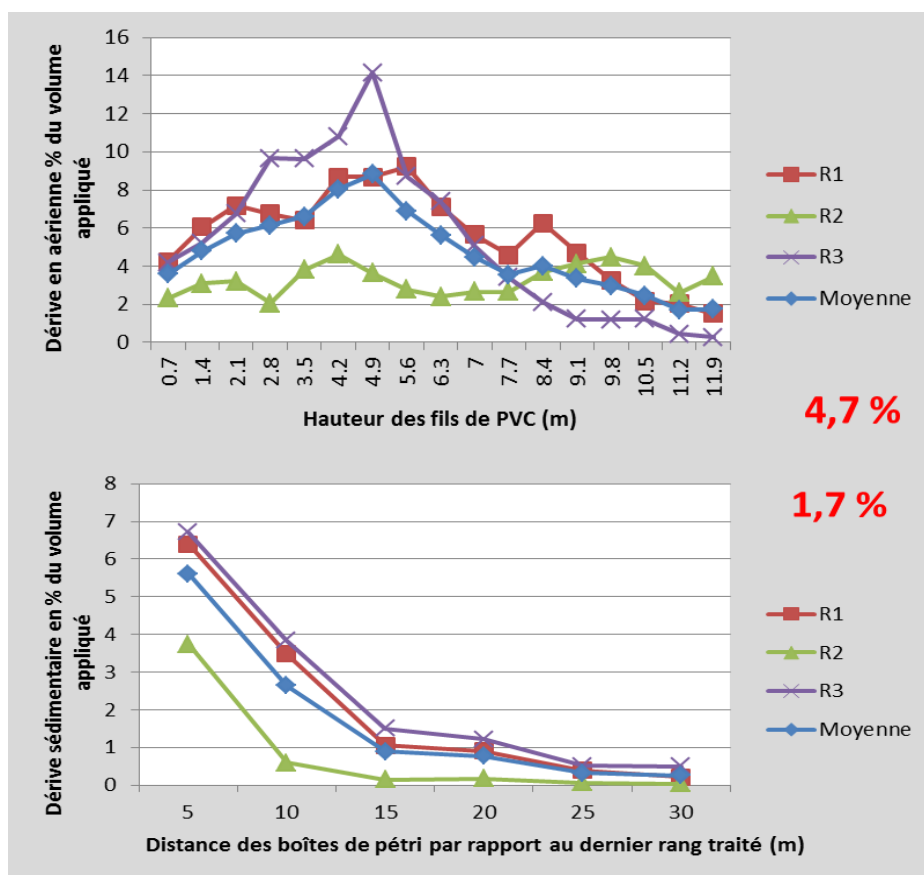


Fig 3 : Exemple de résultats de dérive sédimentaire et aérienne –pulvérisateur de référence/Example of sedimentation/Airborn drift curves for a reference airblast sprayer.

Les avancées du projet devraient permettre d'intégrer des moyens complémentaires (ex. filets brise-vent, paragrêle ou Alt-CARPO) et de gestion de l'air dans les rangs de bordure.

Action Eole Drift

Dans le domaine viticole, une autre initiative consiste à créer un vent artificiel (initiative imaginée lors du séminaire CIETAP de 2014). Aujourd'hui un banc a été développé sur la base de simulations numériques réalisées par le CSTB de Nantes.



Fig 4 : Banc Eole Drift avec la vigne artificielle /Eole Drift test bench with the artificial vineyard

Enfin, la caractérisation in situ de la dérive reste un enjeu scientifique et des méthodologies alternatives utilisant par exemple un Lidar atmosphérique est en cours d'évaluation (REF).

2. LES RECHERCHES EN COURS - MESURE DE LA DERIVE EN SOUFFLERIE

La prochaine révision de la norme ISO 22856 actée en 2017 entraîne une nécessaire comparaison des protocoles simulant une dérive sédimentaire (Silsoe ou France) ou aérienne (JKI). Une première étape a consisté à mesurer les tailles de gouttes échantillonnées dans le cas des protocoles allemands et anglais dans la soufflerie IRSTEA Montpellier et ce pour deux types de buses de référence (FF02 – 2.5 bar- 70cm ou FF03 3 bar - 50cm) et deux buses inscrites au titre des matériels permettant la réduction de ZNT (CVI 03 2bar 60cm et BFS ABJ 3bar 50cm) sous un vent de 2, 4 , 6 ou 7.5 m/s (Douzals et al., 2018).

Les résultats de mesure sédimentaire indiquent d'une part une décroissance logique des tailles de gouttes échantillonnées en fonction de la distance (jusqu'à 5m) et ce d'autant plus que la vitesse de vent est importante. Les valeurs de taille de goutte ($Dv50$) sont disposées en fonction d'un paramètre intégrant la distance et la vitesse (temps = distance/vitesse) appelé Temps de vol ou Time of flight. Il apparait que la représentation sous forme de temps de vol permet de simuler l'effet de la vitesse sur la taille des gouttes échantillonnées à une distance donnée.

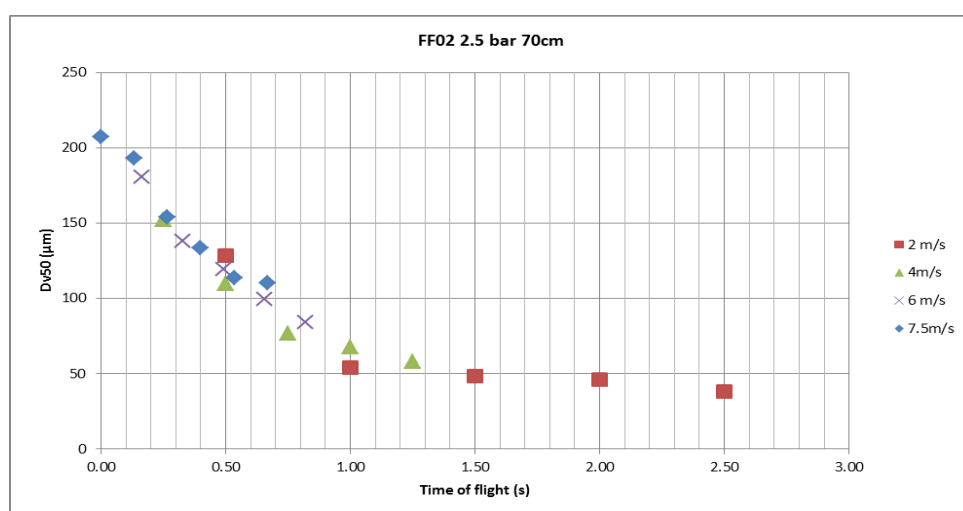


Fig 5 : Evolution du $Dv50$ mesuré en fonction du temps de vol/*Evolution of droplet size ($Dv50$) as a function of Time of flight.*

D'autres travaux avec des mesures quantitatives de dépôt en soufflerie ont également montré le même phénomène (Douzals et al., 2016)

Les mesures réalisées avec le protocole allemand (plan vertical d'échantillonnage) montrent que pour une vitesse de vent donnée, il est possible de prédire les tailles de gouttes en fonction de la distance à la sortie de la buse pour un type de buse identique

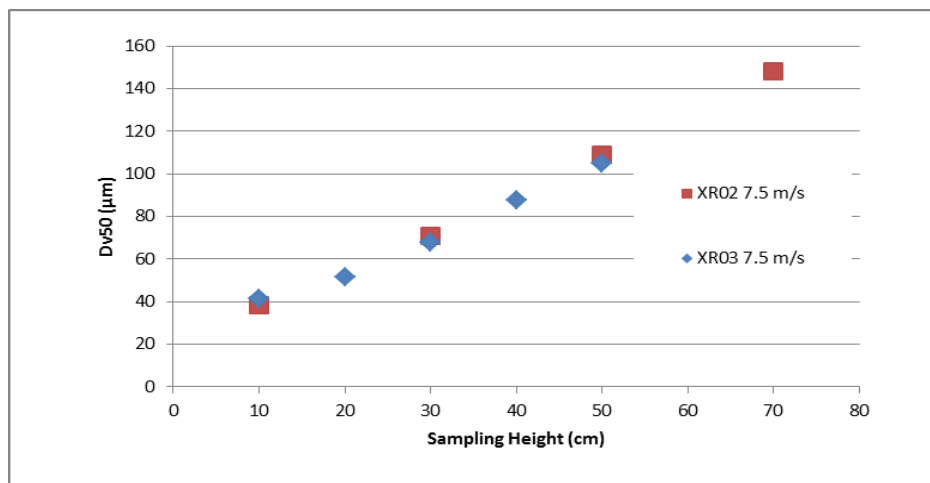


Fig 6 : Evolution de la taille des gouttes en fonction de la hauteur par rapport à la sortie de buse/*Evolution of droplet size as a function of the distance to the nozzle outlet.*

CONCLUSIONS

La mesure de la dérive reste plus que jamais un enjeu important de recherche afin de mieux évaluer les performances de matériels qui répondront aux exigences réglementaires et à leurs évolutions probables. Cela se traduit également par des évolutions normatives à l'échelle internationale. Des approches complémentaires sont menées au champ (cultures pérennes) ou en soufflerie (cultures basses) et visent toutes à une meilleure correspondance entre les méthodologies sédimentaire et aérienne. La CIETAP a joué un rôle important par le passé et cette action se poursuit avec les convergences d'action et la structuration des filières viticoles et arboricoles par exemple.

BIBLIOGRAPHIE

DGAL, 2015. Note de service avis aux opérateurs 23 Septembre 2015, 2p.

CIETAP (Collectif), 2013.

IRSTEA, 2013. (Collectif) Protocoles de mesure des dépôts lors d'applications en bananeraies: établissement d'un bilan masse selon le matériel d'application et la bouillie. Version 2, Janvier 2013. 15p.

ISO 22866, 2005. Matériel de protection des cultures – Mesurage de la dérive du jet au champ. 26p.

ISO 22369-2, 2010. Matériel de protection des cultures – classification de la dérive des matériels de pulvérisation. Partie 2 : classification des pulvérisateurs à rampes par mesurage au champ. 22p:

ISO 22856, 2008. Matériel de protection des cultures - Mesure en laboratoire de la dérive - souffleries. 22p.

van de Zande J.C., Wenneker M., Michielsen J.M.G.P., Stallinga H., 2015. Spray drift and resident risk in orchard spraying; reference and spray drift reducing techniques, SuproFruit 2015 – 13th Workshop on Spray Application in Fruit Growing, Lindau, Germany, 15. – 18. July 2015, 40 Julius-Kuhn-Archiv, 448, 40-41.

J.C. van de Zande, D. Rautmann, H.J. Holterman & J.F.M. Huijsmans, 2015. Joined spray drift curves for boom sprayers in The Netherlands and Germany. Report 526. WUR PRI.
<https://www.researchgate.net/publication/283274371>

Stallinga H., Michielsen J M G P, van Velde P, Douzals JP and van de Zande JC. 2018. Effect of international

differences in reference technique and evaluation zone on the classification of spray drift reducing techniques, International Advances in Pesticide Application 2018,

Ganzelmeier, H., Rautmann, D., Spangenberg, R., Streloke, M., Hermann, M., Wenzelburger, H.J., Walter, H.F., 1995: Studies on the spray drift of plant protection products. Mitt. Biol. Bundesanst. Land-Forstwirtschaft. Berlin-Dahlem 305.

Rautmann, D., Streloke, M., Winkler, R. New basic drift values in the authorization procedure for plant protection products, Workshop on Risk assessment and Risk Mitigation Measures (WORMM), 27.-29. September 1999, 132-141.

Lebeau, F., Verstraete, A., Stainier, C., Destain, MF. 2011. RTDrift : A real time model for estimating spray drift from ground applications. Computers and Electronics in Agriculture, 77, 161-174.

Baetens, K., Nuyttens, D., Verboven, P., De Schamphelleire, M., Nicolai, B., Ramon, H., 2007. Predicting drift from field spraying by means of a 3D computational fluid dynamics model. Computers and Electronics in Agriculture 56, 161–173.

Butler Ellis, MC., Miller PCH., 2010. The Silsoe Spray Drift Model: A model of spray drift for the assessment of non-target exposures to pesticides. Biosystems Engineering, 107, 169-177.

Alheidary, M., Douzals, JP., Sinfort, C., Vallet, A., 2014 Influence of spray characteristics on potential spray drift of field crop sprayers : a literature review. Crop Protection, 63, 120-130.

Douzals JP., Tinet C., and Goddard R., 2018 Use of a flexible drop counter for a better comparability of potential spray drift measurement protocols in wind tunnels. International Advances in Pesticide Application 2018.