HAL
open science

Un modèle de dérive à faible complexité pour les pulvérisations en culture basse adapté aux conditions Méditerranéennes

H. Bahrouni, C. Sinfort, E. Hamza, Eric Cotteux, B. Bonicelli, B. Ruelle

To cite this version:

H. Bahrouni, C. Sinfort, E. Hamza, Eric Cotteux, B. Bonicelli, et al.. Un modèle de dérive à faible complexité pour les pulvérisations en culture basse adapté aux conditions Méditerranéennes. XXXIXème Congrès du Groupe Français des Pesticides, May 2009, Toulouse, France. 4 p. hal-00468870

HAL Id: hal-00468870

https://hal.science/hal-00468870v1

Submitted on 31 Mar 2010

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Un modèle de dérive à faible complexité pour les pulvérisations en culture basse adapté aux conditions Méditerranéennes

BAHROUNI Hassouna[a], SINFORT Carole[b], HAMZA Elies[c], COTTEUX Eric[b], BONICELLI Bernard[b], RUELLE Bernadette[b]

[a]INRGREF - Laboratoire de Machinisme agricole

BP10 - 2080 Ariana – Tunisie

[b]UMR ITAP (Montpellier SupAgro – Cemagref)

BP5095 – 361 rue J.F. Breton – 34196 Montpellier cedex 5

[c]ISEP-BG

La Soukra - Rue du 13 Aout - Chottrana II (Ariana) – Tunisia

Résumé

Les cultures Tunisiennes sont pulvérisées dans des conditions extrêmes (températures élevées, faible humidité) avec des machines de faible niveau technologique. Les quantités de pesticides perdues ne sont pas connues et l'utilisation d'un modèle a été choisie pour évaluer celles qui sont perdues par transport ou par évaporation (une autre approche a été développée pour évaluer les quantités directement perdues au sol).

De nombreux modèles ont déjà été développés pour estimer la part des pesticides perdue sous forme de dérive, certains d'entre eux prenant en compte l'évaporation. Peu de ces modèles sont distribués et aucun d'eux ne fournit l'information désirée dans les conditions externes locales, en correspondant à nos données expérimentales. Un modèle spécifique de dérive a donc été développé. L'objet de ce modèle est de produire rapidement des résultats avec une méthode simplifiée en fournissant une estimation correcte de données et pour une utilisation comme outil de démonstration.

Le modèle calcule la distribution au sol quand le jet pulvérisé est placé face au vent. Il utilise un simple développement par advection-diffusion pour chaque classe granulométrique. Ses paramètres ont été calés à partir de l'observation de distributions de buses à jet plat à l'intérieur d'une soufflerie. L'évaporation est introduite dans le modèle de transport et modifie le diamètre des gouttes à chaque pas de temps. Finalement, le modèle calcule la distribution au sol et les quantités perdues.

Les résultats du modèle représentent correctement les observations à l'intérieur de la soufflerie, où il n'y a pas d'évaporation. Dans les conditions extérieures le comportement du modèle est correct. La comparaison avec les mesures permet de discuter la validité des hypothèses de départ.

Mots-clés : modélisation, advection-diffusion, produit phytosanitaire, pulvérisateur, pulvérisation, pollution

1. Introduction

La Tunisie importe tous les ans 3 750 tonnes de pesticides utilisés principalement en agriculture (autour de 95%) pour une superficie traitée d'environ 761 000 ha/an soit près de 5 kg/ha (données du Ministère de l'Agriculture de Tunisie). A titre de comparaison, la consommation française s'élève à 110 000 t/an pour une SAU de 295 000 km^2 (soit 3,7 kg/ha en moyenne). Les quantités de bouillie pulvérisées à l'hectare sont en constante diminution un peu partout dans le monde mais en Tunisie la moyenne reste de l'ordre de 300 L/ha pour les cultures basses (contre 100 L/ha en France) et de 300 à 500 L/ha pour l'arboriculture (contre 200 à 300L/ha en France). Les superficies traitées sont à 73% des céréales. Le désherbage représente 91% de cette superficie avec une part de 99% dans le Nord du pays.

Dans ce contexte l'étude concerne le développement d' un modèle pour calculer les dépôts et les pertes vers l'air pour des applications terrestres sur cultures basses (notamment désherbage). Ce modèle,dont la vocation est essentiellement pédagogique, doit être facile à mettre en œuvre - si possible analytique - et prendre en compte l'évaporation. Aucun des modèles décrits dans la littérature ne répondant à cette demande, une démarche de modélisation a été initialisée. Pour cela des observations préliminaires ont été menées dans la soufflerie du Cemagref de Montpellier. A partir de l'expérience acquise par la communauté scientifique au travers du développement des modèles de dérive, une nouvelle formulation a été proposée. Le modèle a ensuite a été calé à partir d'essais systématiques dans une soufflerie. Les résultats du modèle en matière de dépôt ont ensuite été confrontés à des mesures de terrain. Cet article décrit les différentes étapes de cette démarche.

2. Observations préliminaires et choix d'un formalisme

Des essais préliminaires ont été mis en œuvre dans la soufflerie du Cemagref de Montpellier. Cette soufflerie est constituée d'une veine fermée en boucle de section 1,95 m x 2,95 m, équipée de 6 ventilateurs. Pour ces essais préliminaires, deux configurations ont été choisies. La première, D+, favorise la dérive : la buse est de petit calibre (02), la pression est élevée (4 bars) et la vitesse du vent est de (7 km/h). La seconde, D-, représente les conditions de moindre sensibilité (calibre 06, pression 2 bars, vent 4 km/h). Les VMD (Volume Median Diameter) sont respectivement 127 µm en D+ et 322 µm en D-. Les vitesses de vent ont été choisies à partir des moyennes journalières enregistrées à la station de Cherfech, dans la zone céréalière au Nord de la Tunisie.
Les essais ont été menés pour une seule buse perpendiculaire au flux d'air. En effet, même si la norme de mesure de la dérive ne considère que les déports latéraux, l'observation des traitements sur le terrain montre que les déports dûs à des vents soufflant dans l'axe de déplacement du tracteur peuvent être encore plus importants car ils se cumulent à l'effet du vent relatif.

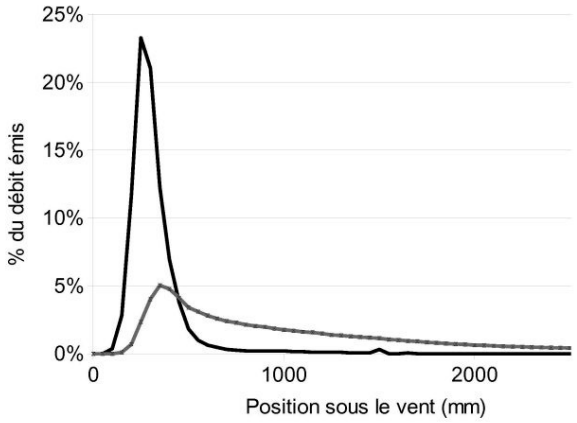

Figure 1. Répartitions observées en soufflerie pour un jet de buse à fente perpendiculaire au vent pour les configurations D+ (courbe grise- symbole x) et D- (courbe noire).

L'allure des courbes obtenues (cf. Fig.1, pour les deux conditions extrêmes D+ et D-) nous a conduit à considérer la répartition sous le vent comme une somme de fonctions gaussiennes. En se basant sur l'approche de [Teske, 2002] pour son modèle de dérive aérienne, nous avons choisi de caractériser les jets sous les buses par leur décomposition en classes granulométriques et d'appliquer pour chaque classe de diamètre un modèle d'advection-diffusion. La répartition granulométrique des jets est facile à modéliser à partir des DV10, DV50 et DV90 . Nous avons également considéré que les gouttes représentant les classes étaient éjectées verticalement et nous n'avons donc pas pris en compte directement la forme du jet.
Pour décrire l'évaporation, nous avons repris la démarche proposée par [Holterman, 1997] qui se base sur l'hypothèse de [Elliott, 1983] : les pesticides étant le plus souvent mis en suspension dans l'eau, on considère que seule l'eau s'évapore ce qui entraîne une diminution du diamètre et une augmentation de la concentration dans la goutte. Lorsque le diamètre devient nul, on considère que le produit est perdu dans

l'air. Dès lors, l'évaporation de la goutte est calculée par une classique loi en D². Le développement du modèle devra permettre de faire évoluer ce calcul au cours des études à venir.
Enfin, la vitesse du vent est supposée horizontale et constante en tout point, ce qui est à peu près vrai dans la soufflerie, le profil de vent sur la section de mesure ayant été optimisé lors de la conception de la veine.

3. Développement du modèle

Le calcul se déroule en trois temps : i. reconstitution du spectre granulométrique et calcul du diamètre de chaque classe, ii. pour chaque classe de diamètre calcul de la trajectoire et du point d'impact, iii. diffusion autour du point d'impact.
La répartition granulométrique n'étant pas tout à fait symétrique, il a été choisi de la représenter par deux demi-distributions gaussiennes paramétrées par les valeurs (DV10 et DV50) pour la première moitié et (DV90 et DV50) pour la deuxième. La vitesse d'éjection est supposée constante pour toutes les classes de diamètre et est obtenue à partir de la relation :

$$V_{ejec} = -b \times \sqrt{2P/\rho_l} \qquad (1)$$

le paramètre b devant être calé pour chaque buse.
En supposant les gouttes sphériques, l'application de la loi de la dynamique pour chaque classe de diamètre permet de déterminer l'équation de la trajectoire en intégrant deux fois par une méthode de Newton avec un pas de temps variable. A chaque pas de temps, le diamètre de la goutte est ré-évalué en calculant la masse évaporée à partir de la relation proposée par [Holterman (1997)]après validation à partir des diamètres observées expérimentalement :

$$X_{ev} = q_0 \Delta T_v \Delta t \, q_1 D \qquad (2)$$

où q_0 et q_1 sont des paramètres calculés à partir des caractéristiques physiques de l'air et des gouttes et ΔT_v représente la différence entre température de bulbe humide et température sèche.

Si la goutte ne s'est pas entièrement évaporée avant l'impact au sol, la dispersion des dépôts autour du point d'impact est représentée par une fonction normale dont la médiane est la coordonnée horizontale du point d'impact et l'écart-type, σ_d , est un paramètre à caler [Da Silva, 2005].

4. Calage des paramètres

Les deux paramètres, b et σ_d ont été calés avec une méthode de moindres carrés à partir de mesures en soufflerie pour 4 buses (trois buses à fente de calibre 02, 03 et 06 et une buse à injection d'air de calibre 03), deux pressions (2 et 4 bars), deux hauteurs d'éjection (0,5 et 0,8m), deux vitesses de vent (4 et 7 km/h) et sans évaporation (HR=100%). A priori, b est supposé ne dépendre que de la buse et de son calibre tandis que σ_d dépend de la buse (dispersion lors de l'éjection), de la hauteur d'éjection et de la vitesse du vent. Les valeurs trouvées pour σ_d ne dépendent pas de la vitesse du vent. Les écarts cumulés entre répartitions simulées et mesurées varie entre 7 et 10% suivant les configurations, ce qui correspond aux variations observées entre les répartitions de deux buses d'une même série et est donc tout à fait acceptable.

4. Résultats du modèle

Le modèle calcule les pertes par évaporation et celles par volatilisation. Ces pertes ont été comparés à des mesures au champ pour les deux configurations de buse définies pour les conditions D+ et D- : buse de calibre 02 avec une pression de 4 bars donnant un VMD de 127 µm et buse de calibre 04 avec une pression de 2 bars donnant un VMD de 322 µm. La méthodologie utilisée pour les essais est basée sur la capture d'un traceur fluorescent (de la Brillant Sulfo-Flavine) sur des collecteurs passifs. Cette

méthodologie est détaillée et discutée dans [Gil, 2007] pour l'utilisation des collecteurs et [Bahrouni, 2008] pour les essais en grandes cultures.
Deux séries d'essais ont été réalisés avec les deux VMD pour des vitesses de vent de 2 et 4 m/s. La pulvérisation était réalisée par un pulvérisateur porté équipé d'une rampe de 12m portant 24 buses espacées de 0,5m entre elles. La vitesse de traitement était de 7 km/h.
La figure 2 compare les valeurs calculées et celles mesurées pendant les essais. Même si dans les pertes sont surestimées pour le VMD de 127 µm, les résultats montrent des tendances correctes.
Il restera à élargir les domaines de calage du modèle : plus de buses, plus de hauteurs, vitesses de vent plus importantes. Il faut également remarquer que ces résultats ne sont valables que pour de l'eau : le comportement des produits réels devra être étudier pour corriger les sorties du modèle (modèle d'évaporation).

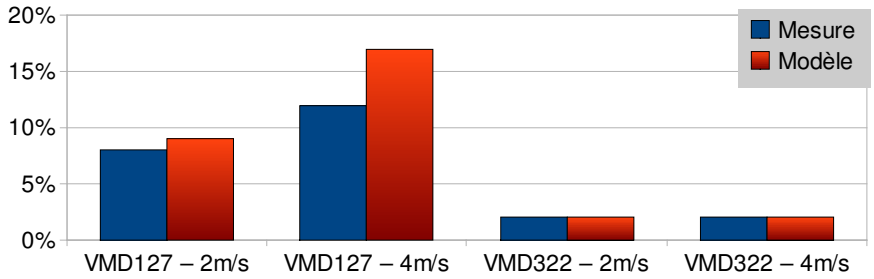

Figure 2. Comparaison des pertes de pesticides dans l'air observées pendant les essais et calculées par le modèle.

Références

Remerciements
Les auteurs tiennent à remercier le CMCU (Comité Mixte Franco-Tunisien pour la Coopération Universitaire) qui a financé le programme d'échange scientifique entre la France et la Tunisie concernant l'étude des pertes de pesticides pendant les applications (programme 06/11G37). Ce travail a aussi bénéficié du soutien de la Région Picardie, au travers du programme PHAR (Pesticides : Hiérarchisation pour les Agro-Ressources), piloté par l'INERIS.