

Automatisation d'un banc de répartition pour buses de pulvérisation

Frédéric Lebeau, Élies Hamza, Marie-France Destain

Les buses de pulvérisation se présentent sous la forme d'orifices calibrés au travers desquels doit passer la bouillie sous pression. À sa sortie dans l'atmosphère, le jet de liquide se désintègre en gouttelettes qui, atteignant la cible, donnent lieu à une répartition plus ou moins uniforme. En conditions statiques, la répartition peut varier selon le type de buse (à fente, à turbulence, à miroir), l'angle de pulvérisation, la pression (ou le débit qui est proportionnel à la racine carrée de la pression). La hauteur de la buse par rapport à la cible et son orientation influencent également la répartition. Des buses de même type peuvent avoir des comportements différents en raison de la variabilité dans la fabrication et de l'usure [1]. Enfin, les propriétés physiques de la bouillie (tension superficielle, viscosité, densité) ont également une influence sur la répartition [2]. Au champ, en conditions dyna-

miques, d'autres phénomènes altèrent la répartition, comme les mouvements de rampe (essentiellement le roulis et le lacet) [3] ou les conditions météorologiques [4].

L'étude de la sensibilité des buses aux paramètres fonctionnels est de première importance pour la maîtrise de la qualité de la pulvérisation [5]. De nombreuses méthodes ont été utilisées pour évaluer la répartition des buses : mesure de la fluorescence de dépôts contenant un traceur sur de longues bandes de papier [6] ou sur du fil [7], analyse d'images de bandes de papier hydrosensible ou oléosensible [8], système de pesage automatique [9], analyse directe d'images de buses en fonctionnement [10], utilisation de divers types de bancs de répartition [11]. Actuellement, les bancs de répartition constituent l'instrument de laboratoire de référence ; la norme ISO 5682/1 [12] définit de manière stricte la géométrie des gouttières qui les constituent, afin de limiter au maximum les erreurs de mesure et d'assurer le caractère universel et reproductible des essais. Les mesures réalisées avec ces bancs permettent la comparaison objective des performances des buses et peuvent également servir de base à la modélisation de la répartition en cours de travail [13].

Cette étude présente un dispositif conçu dans le cadre d'un projet de coopération entre les laboratoires de mécanique agricole de la Faculté universitaire des sciences agronomiques de Gembloux et de l'Institut national

agronomique de Tunis. Composé essentiellement d'un banc de répartition et d'un circuit hydraulique d'alimentation des buses, il permet de tester les buses de manière automatisée. La mesure des différentes grandeurs (pression, débit, niveaux d'eau) est assurée à l'aide de capteurs reliés à un PC. L'originalité principale du dispositif réside dans la conception de capteurs assurant de manière automatique la lecture des niveaux d'eau dans le banc de répartition.

Matériel et méthodes

Le banc de répartition (*figure 1*) a été conçu selon les prescriptions de la norme ISO 5682 [12]. Sa surface de réception est de 1 600 sur 1 500 mm (32 gouttières de 50 mm de large et 1 500 mm de long). Les parois des gouttières de répartition sont constituées par deux tôles d'aluminium pliées et collées. À chaque extrémité des parois, une pièce est montée en serrage sur la tôle. Ces éléments sont fixés dans un cadre en aluminium pourvu de deux fois 33 rainures espacées précisément de 50 mm. Une tige filetée permet de mettre en traction chaque paroi afin d'assurer sa rectitude. Le fond d'une gouttière est donc constitué par une tôle de chacune des parois adjacentes. Le pliage de la tôle par rapport à l'arête supérieure a été réalisé avec une pente de 4 % pour permettre l'écoulement.

F. Lebeau, M.-F. Destain : Département ingénierie des biosystèmes, Faculté Universitaire des sciences agronomiques de Gembloux, 2, passage des Déportés, 5030 Gembloux, Belgique.

E. Hamza : Département de génie rural, Institut national agronomique de Tunis, 43, avenue Charles-Nicolle, 1002 Tunis, Tunisie.

Tirés à part : F. Lebeau

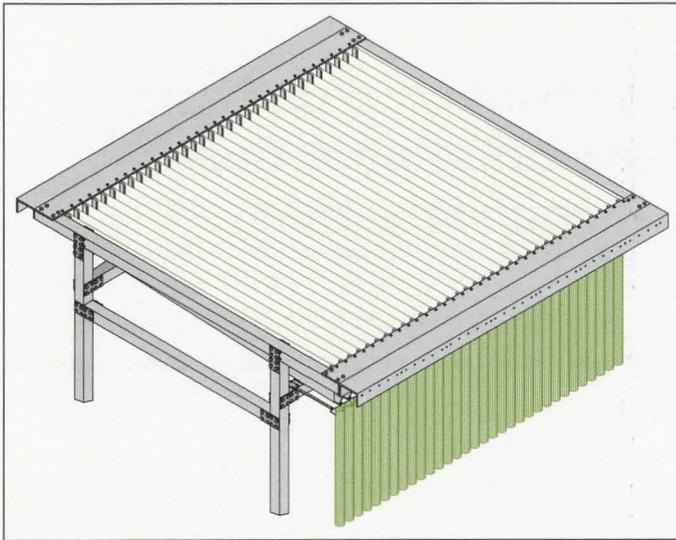


Figure 1. Vue d'ensemble du banc de répartition.

Figure 1. Overall view of the patternator.

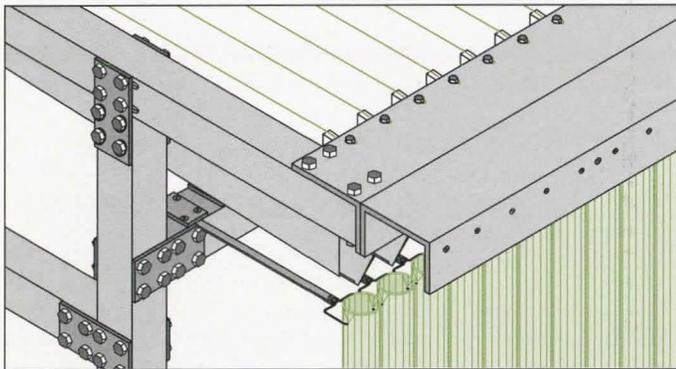


Figure 2. Vue du dispositif de fixation des éprouvettes.

Figure 2. View of the test tube connection device.

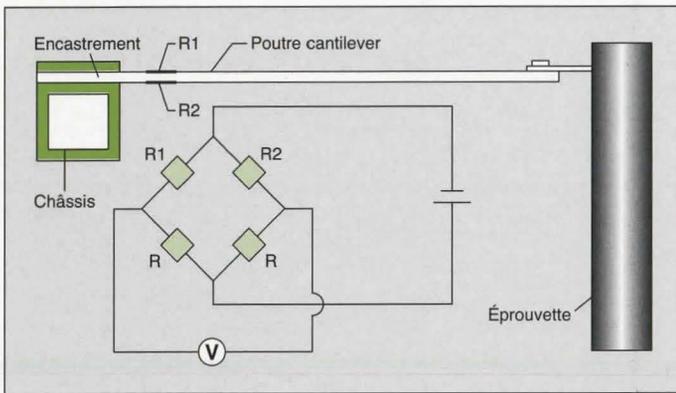


Figure 3. Schéma du montage des jauges (R : jauges passives ; R1 et R2 : jauges actives) et de leur câblage.

Figure 3. Strain gage arrangement.

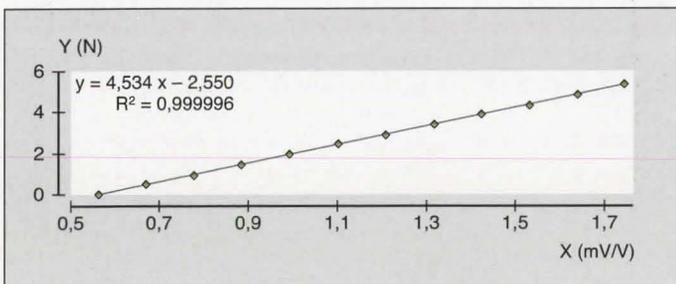


Figure 4. Exemple d'étalonnage (éprouvette numéro 1).

Figure 4. Calibration example (test tube n° 1).

Pour automatiser la lecture des niveaux d'eau dans les éprouvettes, le dispositif suivant a été spécialement conçu. Plutôt que d'être fixées rigidement, les éprouvettes sont suspendues à un corps d'épreuve particulier, constitué de poutres Cantilever (figure 2). Lors du remplissage d'une éprouvette, la déformation relative dans une section x de la poutre varie proportionnellement à la quantité d'eau reçue, selon la relation :

$$\epsilon_x = \frac{6.l.F}{E.a.e^2}$$

Avec ϵ_x : déformation relative dans la section x ;

l : distance de la section x par rapport à l'encastrement ;

F : force appliquée à l'extrémité de la poutre ; ici, poids de l'eau ;

a : largeur de la poutre ;

e : épaisseur de la poutre ;

E : module d'élasticité.

Pour détecter la déformation relative, des jauges d'extensiométrie sont collées à la face supérieure et inférieure des poutres. Elles sont montées en demi- pont de Wheatstone (figure 3). Ce montage assure une sensibilité suffisante et l'indépendance des mesures vis-à-vis des fluctuations de température. Il permet de mesurer le niveau d'eau avec une erreur inférieure au seuil fixé par la norme, à savoir 0,5 % (figure 4).

Le circuit hydraulique est proche de celui des pulvérisateurs agricoles. Une cuve de 100 litres, qui peut être alimentée directement en eau de distribution, offre la capacité suffisante pour la réalisation d'un essai. Le liquide (de l'eau dans le cas des essais décrits ici) est aspiré et mis sous pression par un groupe moto-pompe de 1,8 kW dont la pompe à 3 pistons-membranes fournit un débit de 30 l/min à la pression de 20 bars. Un amortisseur hydraulique permet d'amortir les pulsations de pression inhérentes au fonctionnement de ce type de pompe. Un régulateur de pression équipé d'un manomètre dévie une partie du débit de la pompe vers un retour en cuve. Un distributeur à 6 voies permet d'alimenter indépendamment les 5 buses de la rampe et de réaliser l'agitation hydraulique de la cuve. La pression peut être ajustée précisément sur les manomètres de chaque buse par réglage de la vanne sphérique lui correspondant au niveau du distributeur. On peut ainsi obtenir la même

pression au niveau des différentes buses ou simuler des pertes de charge. Le circuit d'agitation est constitué par un agitateur hydraulique à effet Venturi. Différentes positions des buses par rapport à la cible peuvent être obtenues grâce à un dispositif réglable en hauteur et en inclinaison.

Le circuit est pourvu d'un débitmètre électromagnétique (ABB Kent-Taylor MagMaster). Celui-ci offre l'avantage d'être non invasif. Il dispose d'un afficheur pour lecture directe et fournit un signal de sortie directement proportionnel au débit volumétrique. La mesure est indépendante de la pression, de la température et de la viscosité. La pression est mesurée simultanément par un manomètre de précision (tube de Bourdon) et un transmetteur de pression à diaphragme (Bourdon Sedeme E712).

L'ensemble des capteurs de niveau, débit, pression, est raccordé à une centrale d'acquisition de données (figure 5). Les 32 capteurs de niveau comportant des jauges de contrainte sont reliés à deux multiplexeurs. Ceux-ci, de même que les capteurs de débit et pression, sont connectés à une centrale d'acquisition 21XL (Campbell Scientific). Les données issues de la centrale sont transférées dans un PC équipé du logiciel PC208 (Campbell). Celui-ci est programmé pour effectuer une mesure séquentielle du niveau des 32 éprouvettes, de la pression et du débit toutes les 10 secondes. Au terme de la mesure (dont la durée minimale doit être de 60 s), les données sont transférées vers le logiciel Excel (Microsoft), où une feuille de calcul spécialement programmée permet d'extraire les paramètres caractérisant l'uniformité de la répartition.

Résultats

Les figures 6 et 7 présentent deux exemples de résultats obtenus avec le banc. Il s'agit tout d'abord de la répartition obtenue après une minute avec une buse à fente XR Teejet 11003VK neuve, sous une pression de 2,2 bars et une hauteur de 50 cm ; ensuite, figure la répartition obtenue dans les mêmes conditions avec cinq buses de même type espacées de 50 cm.

Dans un cas comme dans l'autre, l'automatisation du banc d'essai permet

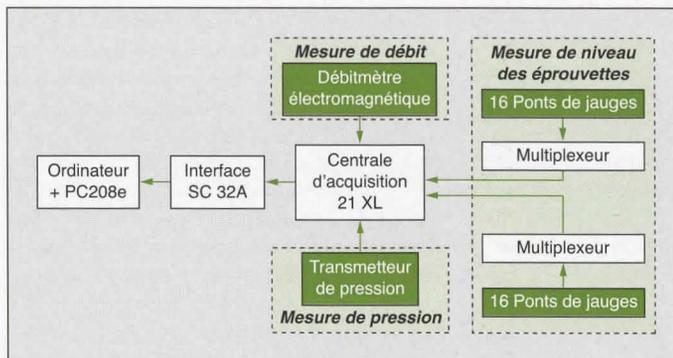


Figure 5. Chaîne de mesure.

Figure 5. Data acquisition system.

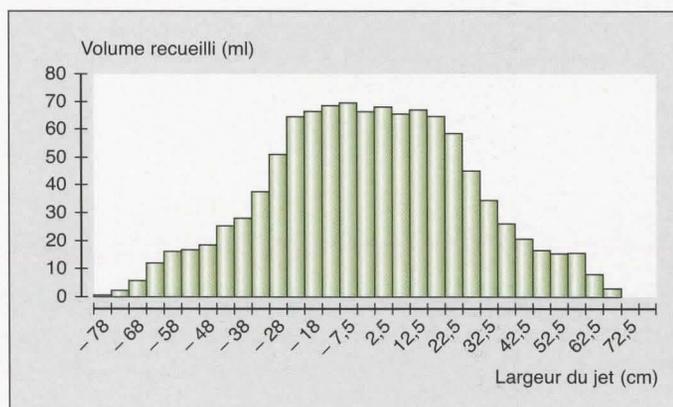


Figure 6. Exemple de diagramme de répartition d'une buse.

Figure 6. Example of spray pattern of a nozzle.

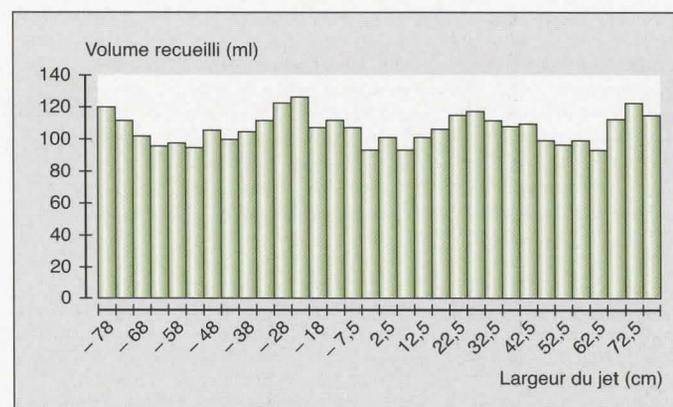


Figure 7. Exemple de diagramme de répartition de buses espacées de 50 cm.

Figure 7. Example of spray pattern of 50 cm spaced nozzles.

de caractériser très rapidement la répartition. La méthode conventionnelle impose de lire le niveau de liquide dans les différentes éprouvettes, puis de représenter la répartition par une courbe ou un tableau indiquant les valeurs en pourcentage de la quantité de liquide collectée dans l'ensemble des gouttières. Avec la méthode proposée, dès que la mesure est terminée, il est possible

de visualiser sur l'écran de l'ordinateur et d'imprimer une représentation graphique de la répartition, sous forme d'histogrammes ou de courbes. Les niveaux d'eau étant accessibles sous forme numérique, le calcul de paramètres statistiques préprogrammés par avance, tels que le coefficient de variation, permet de comparer aisément différents types de buses. À titre

d'exemple, le coefficient de variation des 5 buses de la *figure 7* est de 8,7 %. Enfin, la méthode proposée est précise, puisque l'étalonnage indique que la mesure du niveau d'eau est obtenue avec une erreur de l'ordre de 0,5 % dans les différentes éprouvettes. Cette valeur est inférieure à ce que l'on peut obtenir avec une appréciation purement visuelle du niveau d'eau.

Conclusion

Dans un pays comme la Tunisie où il est nécessaire d'augmenter les rendements agricoles par recours aux traitements chimiques, il faut disposer des moyens tech-

niques permettant de comparer les buses, afin d'orienter le choix des utilisateurs en leur offrant une meilleure information sur la qualité du matériel. Par ailleurs, un banc d'essai conforme aux normes internationales représente un outil essentiel qui peut aider les constructeurs locaux à choisir les composants les plus adéquats pour la pulvérisation. Si la qualité du matériel est de première importance pour une application correcte des produits, la compétence de l'opérateur l'est également ; les qualités didactiques d'un banc d'essai équipé à la fois d'indicateurs à lecture directe et de capteurs automatisant la lecture peuvent être mises à profit pour la formation des vulgarisateurs, des techniciens et des ingénieurs ■

Summary

Automation of a patternator to measure liquid distribution of nozzles

F. Lebeau, E. Hamza, M.-F. Destain

The patternator is the standard instrument used in measuring the distribution of liquids through individual nozzles or groups of nozzles. We present a spray patternator in which the liquid is sprayed from three nozzles onto a channelled table and collected in a sloping section which drains into calibrated collecting tubes at the end of the channels (Figure 1). The hydraulic part is analogue to the circuits of sprayer machines. It comprises, namely, a diaphragm pump (flow rate 30 l/min, pressure 20 bar) and a boom with adjustable height. The geometry of the channelled table is designed according to the requirements of ISO 5682/1 standard. It is composed of 32 parallel channels (50 mm wide) which collect the liquid into 32 graduated cylinders. The main originality of the patternator lies in the methods used to monitor the characteristics of the liquid: pressure, flow and level in the channels (Figure 2). These characteristics are simultaneously measured by direct reading of indicators and by automatic acquisition of signals provided by sensors. Pressure is indicated by bourdon tubes and measured by diaphragm sensors. Flow is continuously measured by an electromagnetic sensor provided with a display. An original method is used to measure the collected volume in the cylinders. Each cylinder is fixed to a Cantilever beam equipped with strain gages mounted on a Wheatstone bridge. Filling the cylinders produces a deformation of the beam which induces a variation in gage resistance proportional to the collected volume. This kind of sensor gives excellent accuracy (less than 0.5% error), meeting the requirements of the standard. Electrical signals from the strain gage sensors are fed to two multiplexers which send them to a datalogger. The latter collects the data provided by the pressure and flow sensors as well and sends them to a PC where data treatment can be easily carried out (Figure 3). The design, with both direct reading and automatic data acquisition, represents an easy way of checking spray nozzles.

Cahiers Agricultures 2000 ; 9 : 505-9.

Remerciements

Les auteurs adressent leurs remerciements à la DGCI (anciennement AGCD) pour avoir financé le projet de coopération intitulé « Création d'une section *Techniques de traitement des cultures à l'INAT* », qui constitue le cadre dans lequel cette étude a été menée.

Références

1. Barthélemy P, Boisgontier D, Jouy L, Lajoux P. *Choisir les outils de pulvérisation*. Institut technique des céréales et des fourrages, France 1990.
2. Krueger HR, Reichard DL. *The effect of formulation and pressure on spray distribution across the swath with hydraulic nozzles*. Philadelphia, USA : American Society for Testing Materials, Special Technical Publication, 1985 : 875.
3. Ozkan HE, Reichard DL, Ackerman KD. Effect of orifice wear on spray patterns from fan nozzles. *Trans of the ASAE* 1992 ; 35 : 1091-6.
4. Krishnan P, Gal I, Kemble LJ, Gottfried SL. Effect of sprayer bounce and wind condition on spray pattern displacement of TJ60-8004 fan nozzles. *Trans of the ASAE* 1993 ; 36 : 997-1000.
5. Balsari P, Tamagnone M. *Evaluation of functional parameters of boom sprayer nozzles (flow rate, spray angle, spray pattern, pressure)*. Second International Symposium on Pesticides Application Techniques. Strasbourg, France, 1993 : 22-4.
6. Roth LO, Whitney RW, Searcy S, Underwood TL. *Rapid distribution pattern measurements for agricultural aircraft*. American Society of Agr Eng Paper No AA-79-006, American Society of Agr Eng St. Joseph, USA, 1979.
7. Whitney RW, Roth LO. String collectors for spray pattern analysis. *Trans of the ASAE* 1985 ; 28 : 1749-53.
8. Sistler FE, Powers A, Smith, Darryl C, Rester C. An image analyzer for aerial application patterns. *Trans of the ASAE* 1982 ; 25 : 885-7.
9. Carpenter TG, Reichard DL, Ozkan HE, Holmes RG, Thornton E. Computerized weighing system for analyses of nozzle spray distribution. *Trans of the ASAE* 1988 ; 31 : 375-9.
10. Zhang N, Wang L, Thierstein GE. Measuring nozzle spray uniformity using image analysis. *Trans of the ASAE* 1994 ; 37 : 381-7.
11. Matthews GA. *Pesticide application methods, 2nd edition*. Singapore : Longman Scientific & Technical, 1992.
12. ISO International Organisation for Standardization. *Norme ISO 5682/1-1996(F). Matériel de traitement agropharmaceutique - Équipements de pulvérisation - Partie 1 : Méthodes d'essai de buses de pulvérisation*, 1996.
13. Sinfort C. Comparison between measurements and predictions of spray pattern from a moving boom sprayer. United Kingdom. *Aspects of Applied Biology* 1997 ; 48 : 1-8.

Résumé

Les bancs de répartition constituent l'élément de base permettant de tester la sensibilité de la distribution transversale des buses de pulvérisation aux différents paramètres de fonctionnement (hauteur, pression, orientation, usure...). La norme ISO 5682/1 définit des critères précis quant à la géométrie des gouttières de réception et la précision des mesurages. L'article présente un banc d'essai de buses, conforme à la norme et conçu de manière à mesurer les différentes grandeurs (pression, débit, volume recueilli) soit par lecture directe d'indicateurs (manomètres de précision, débitmètre à affichage, graduation de niveau d'eau), soit par mesure automatisée à l'aide de capteurs (transmetteurs de pression, débitmètre électromagnétique, capteur de niveau).

Le banc de répartition proprement dit est constitué de 32 gouttières parallèles de 50 mm de largeur qui débitent dans 32 éprouvettes. La principale originalité du banc réside dans le dispositif utilisé pour automatiser la lecture des volumes recueillis dans les éprouvettes. Chacune d'elle est montée sur une poutre Cantilever pourvue de jauges d'extensiométrie montées en ponts de Wheatstone. Lors du remplissage, la déformation de la poutre induit une variation de la résistance du pont de mesures proportionnelle au volume recueilli. Ce type de capteur permet de mesurer avec une très bonne précision le niveau de liquide dans les éprouvettes (l'erreur est inférieure à 0,5 %). Les 32 ponts de Wheatstone sont reliés à deux multiplexeurs qui envoient les signaux vers une centrale d'acquisition. Celle-ci reçoit également les signaux en provenance des capteurs de pression et débit et les envoie vers un PC où se fait le traitement statistique des données.

La conception du banc de répartition qui assure simultanément une lecture directe d'indicateurs et une acquisition automatique des données facilite le contrôle des buses de pulvérisation. Il constitue un outil didactique approprié dans des régions où le niveau de mécanisation est en train de progresser.
