

## MISE AU POINT D'UN DISPOSITIF DE CONTROLE DES PULVERISATEURS AU CHAMP

O. Mostade, P. Leunda, C. Debouche & R. Caussin\*

*Unité d'Hydraulique et Topographie*

*Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux*

*\* Comité de Recherches pour l'Amélioration des  
Techniques de Traitements Phytosanitaires (IRSIA)*

*Gembloux, Belgique*

### Résumé

Le contrôle des pulvérisateurs s'avère être une initiative indispensable pour optimiser les diverses applications agrochimiques en ayant le souci du respect de l'environnement. Afin d'accélérer la procédure de vérification du matériel et d'en accroître la précision, une première expérience a été menée pour y intégrer du matériel électronique de mesure. La chaîne proposée permet, sur l'appareil en mouvement, la mesure et l'enregistrement des paramètres à vérifier. Cette chaîne est constituée des éléments suivants : capteurs (débitmètre électromagnétique, capteurs de pression, roue génératrice d'impulsions), amplificateur, émetteur-récepteur, enregistreur, ordinateur. L'intérêt d'un tel dispositif pour les opérations de contrôle est multiple. Il permet l'enregistrement en continu des valeurs instantanées des paramètres débit-pression-vitesse (observation du système de régulation, d'anomalies ponctuelles, de sur- ou sous-dosages localisés...). La durée du contrôle proprement dit est relativement courte en regard du nombre d'informations récoltées. Après le traitement des données, les informations concernant chaque appareil peuvent être stockées sous forme d'une fiche technique et constituer ainsi un fichier central.

### Introduction

La sécurité des utilisateurs et des consommateurs, la sauvegarde de l'environnement et la compression des coûts de production sont les contraintes dictées au milieu agricole par la conjoncture actuelle. Toutes les étapes de la production sont concernées et les pratiques visant à la fertilisation et à la protection des cultures n'échappent pas à la règle.

En attendant que se généralisent les nouveaux procédés de production végétale relevant notamment du génie génétique, le recours aux produits agrochimiques ne peut être évité dans la plupart des circonstances. Dès lors, les impératifs de l'économie et de la sécurité doivent inspirer le choix et les modalités d'utilisation des techniques d'épandage dont le rôle prépondérant dans le résultat final a été largement démontré.

Une fois ces décisions prises, il faut encore que le traitement soit de qualité, ce qui signifie que le rendement des applications doit être maximum avec le minimum de gaspillage des produits utilisés. Ce rendement peut s'avérer très faible et, dans certains cas, ne pas excéder 50 %. Ce médiocre résultat est expliqué en grande partie par l'irrégularité des répartitions transversale et longitudinale et l'instabilité dans le temps des caractéristiques des bouillies.

Autrement dit, toutes les précautions prises quant au choix et à la qualité des produits, au type de matériel d'épandage, à la période propice d'application, sont vaines si le pulvérisateur ne répond pas à des critères de qualité et de précision.

La complexité des facteurs assurant l'obtention d'une bonne pulvérisation et la médiocre qualité des appareils en service (moins de 5 % des pulvérisateurs sont en ordre) doivent pousser les autorités à organiser un contrôle systématique du parc des appareils d'épandage.

#### Techniques de contrôle des pulvérisateurs.

Depuis plusieurs années, bon nombre de contrôles s'effectuent en Belgique sous l'égide des organisations professionnelles agricoles ou des services publics relevant de l'éducation ou de l'agriculture. Ces réunions mettent en évidence la distorsion existant entre la qualité des produits agropharmaceutiques soumis à une procédure rigoureuse d'agrément et la médiocre qualité des appareils destinés à les épandre. Elles permettent d'apporter aux utilisateurs les conseils dont ils ont un besoin urgent et d'alerter les autorités compétentes sur le caractère préoccupant de la situation.

Les différentes opérations pratiques s'échelonnent généralement comme suit : on procède à un examen général préliminaire de l'appareil afin de détecter des imperfections rendant superflues les étapes ultérieures du contrôle. Ensuite, le calcul de la vitesse permettra de comparer la vitesse réelle d'avancement avec celle à laquelle le fermier pensait évoluer. Le contrôle de la pression s'effectue à l'aide d'un manomètre de précision. Enfin, le contrôle des buses élimine celles dont le débit varie de plus de 5 % par rapport au débit moyen des buses contrôlées. Si l'on désire vérifier en plus l'homogénéité de la répartition transversale le long de la rampe, la présence d'un banc répartiteur s'avère nécessaire.

S'il faut accorder à ces techniques, hormis le banc répartiteur, le mérite d'une mise en oeuvre simple et d'une manipulation aisée, elles ne sont réservées qu'à des mesures répétitives donnant des valeurs moyennes, de précision peu élevée mais néanmoins suffisante pour une exploitation simple et immédiate des valeurs données.

Actuellement, en raison de ses avantages incontestables, l'électronique s'impose en métrologie. Une première expérience a été menée dans ce sens lors de la mise au point d'une procédure de vérification des appareils en intégrant à la chaîne de contrôle divers composants électroniques. Ces derniers mesurent sur le pulvérisateur, à l'arrêt ou en mouvement, les paramètres couramment vérifiés lors d'un contrôle c'est-à-dire le débit, la pression et la vitesse. L'enregistrement des données étant devenu possible, on utilise l'outil informatique pour traiter les résultats de manière à obtenir des renseignements utiles pour l'agriculteur, le service de contrôle et le constructeur de pulvérisateurs.

#### Chaîne de mesure.

L'ensemble des dispositifs se trouvant entre la grandeur à mesurer et l'indication du résultat constitue la chaîne de mesure. Les éléments classiques en sont le capteur, l'amplificateur et l'enregistreur.

- capteur : c'est un organe sensible à la grandeur physique ou mécanique à mesurer qui transforme les variations de celle-ci en un signal électrique. Trois types de capteurs ont été utilisés : débitmètre électromagnétique, capteur de pression à jauges de contrainte et roue génératrice d'impulsions pour la mesure de la vitesse;

- amplificateur : il augmente le niveau du signal fourni par le capteur en vue de l'affichage ou de l'enregistrement;
- émetteur-récepteur : l'amplificateur (poste mobile) et l'enregistreur (poste fixe) étant éloignés l'un de l'autre, on transmet l'information par onde porteuse;
- enregistreur : il garde la trace du signal de mesure sur support magnétique et en permet le traitement ultérieur. L'information stockée doit être facilement transposable sur ordinateur en vue de son utilisation;

#### Emplacement des différents éléments de la chaîne de mesure.

Les capteurs sont installés sur le pulvérisateur à des endroits susceptibles de renseigner des imperfections de fonctionnement, pour autant que cette opération soit techniquement réalisable. Le débitmètre électromagnétique est placé sur la conduite qui délivre la bouillie à la rampe. Il mesure donc le volume de bouillie qui sera épandu. Le capteur de pression est situé à proximité de la prise du manomètre de travail. La pression est mesurée au niveau de la conduite sur laquelle sont fixées les buses. La roue génératrice d'impulsions évolue dans la trace laissée par le pulvérisateur. Son support est fixé sur une armature solidaire du portique maintenant le cadre mobile de fixation de la rampe.

L'amplificateur alimente en énergie les capteurs et reçoit leur signal. Il est situé sur le tracteur et des câbles le mettent en relation avec les appareils de mesure. L'émetteur reçoit le signal amplifié et transmet l'information au récepteur via une antenne fixée sur le tracteur.

Le récepteur et l'enregistreur sont installés en bordure du champ. Des appareils de contrôle (multimètres) permettent de vérifier le bon fonctionnement des capteurs en tête de chaîne.

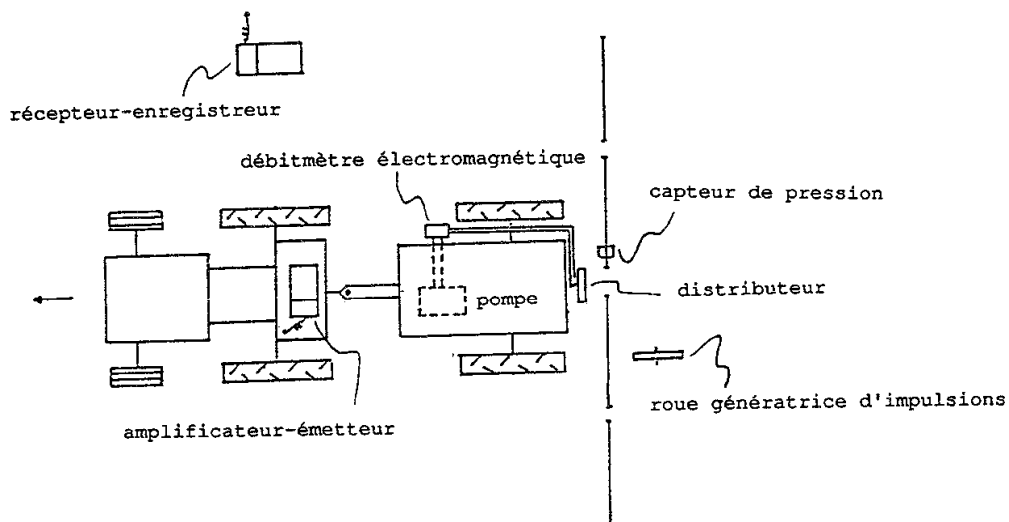


Fig. 1 : schéma d'implantation des différents éléments de la chaîne de mesure

### Déroulement de l'essai.

La procédure de contrôle se scinde en deux phases distinctes : une phase statique et une phase dynamique. Un élément propre à ce mode de contrôle est l'élimination du paramètre buse. La répartition du liquide le long de la rampe dépend principalement de l'homogénéité de débit entre les buses et des pertes de charge dans la conduite. En effectuant le contrôle avec des buses homogènes (buses neuves ou contrôlées) et en quantifiant les pertes de charge relatives à chaque tronçon, l'utilisation d'un banc répartiteur encombrant et coûteux ne s'avère plus nécessaire.

- Phase statique : le pulvérisateur est à l'arrêt. Outre l'examen général préliminaire (fuites, stabilité de la rampe, écartement des buses, vannes, filtres,...), le contrôle porte sur les paramètres suivants : le manomètre grâce au capteur de pression situé à proximité de sa prise; les pertes de charge pour chaque tronçon à l'aide de deux capteurs de pression situés aux buses d'extrémité; le système de compensation par prise de la pression au niveau du tronçon restant alimenté lorsque d'autres sont fermés; la pompe par mesure du débit et de la pression. Ces mesures sont faites ponctuellement. Après le choix d'une situation et lorsque le système est stabilisé, les valeurs issues des capteurs sont notées. On procède ainsi pour différents états de fonctionnement.
- Phase dynamique : le pulvérisateur est en mouvement. On procède à l'enregistrement en continu des différents paramètres débit - pression - vitesse afin d'observer la réponse du système de régulation suite aux variations des conditions de travail, ainsi que la précision du volume épandu. Le contrôle diffère quelque peu selon le système de régulation en présence. Si on a un système à pression constante (P.C.) ou à débit proportionnel au régime moteur (D.P.M.), on effectue un enregistrement des trois paramètres pour en déduire le volume/hectare moyen et ponctuel sur la surface concernée. Si c'est un système de régulation à débit proportionnel à l'avancement (D.P.A.), on observera les variations de débit et de pression suite à une variation de vitesse. Cela permettra d'observer le temps de réponse du système ainsi que les sur- ou sous-dosages localisés.

### Analyse des résultats.

Un des objectifs de ces séances de contrôle est de pouvoir présenter au cultivateur, au terme de la vérification, une fiche reprenant toutes les mesures concernant son appareil, après traitement informatique éventuel. Les résultats issus de la phase statique peuvent simplement être encodés dans l'ordinateur pour ressortir sous forme de tableau ou de courbe. Par contre, les mesures relatives à la phase dynamique doivent subir un traitement de manière à obtenir des informations claires quant au bon fonctionnement du système de régulation.

L'utilisation d'un logiciel d'acquisition et de traitement de données (logiciel Asyst) a permis d'établir différentes courbes mettant en relation les paramètres désirés. Les renseignements que l'on peut obtenir sont multiples : variation du débit et de la pression consécutive à une variation de vitesse, variation du volume épandu consécutive à une variation de vitesse, relation entre le débit et la pression au niveau de la rampe, temps de réponse du système de régulation suite à une variation de vitesse, estimation des surfaces sur- ou sous-dosées momentanément.

Un exemple des graphiques que l'on peut obtenir après traitement informatique est repris ci-dessous. Cet essai a été réalisé pour un appareil à régulation D.P.A.. La figure 2 met en relation la variation du volume épandu par rapport au volume désiré (en %) et la vitesse d'avancement du tracteur ( en km/h). La variation moyenne par rapport à la consigne est faible (1,6 %) mais

on peut observer des pics de variation de l'ordre de 10 % pour une vitesse relativement constante.

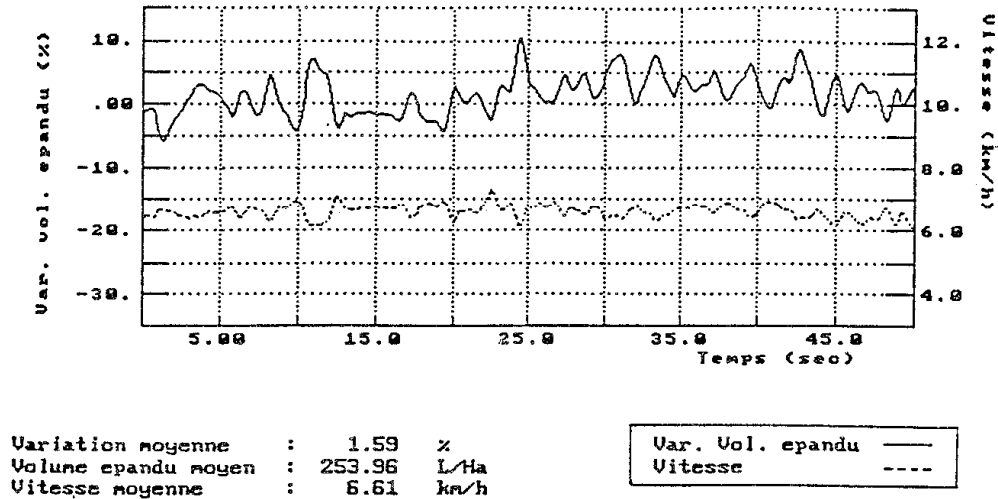


Fig. 2 : relation entre la variation du volume épandu (%) et la vitesse d'avancement de l'équipage mobile (km/h).

La figure 3 met en relation la valeur du débit destiné à la rampe (l/min) et celle de la pression (bars) relevée au niveau de cette même conduite. A une augmentation de vitesse correspond une augmentation de débit (appareil à régulation D.P.A.), c'est-à-dire aussi une augmentation de la pression au niveau des buses. Le volume/hectare est rétabli après quelques secondes correspondant au temps de réponse du système de régulation. La pression va se stabiliser à une valeur plus élevée qui ne correspond peut-être plus aux conditions optimales d'utilisation du type de buses employées.

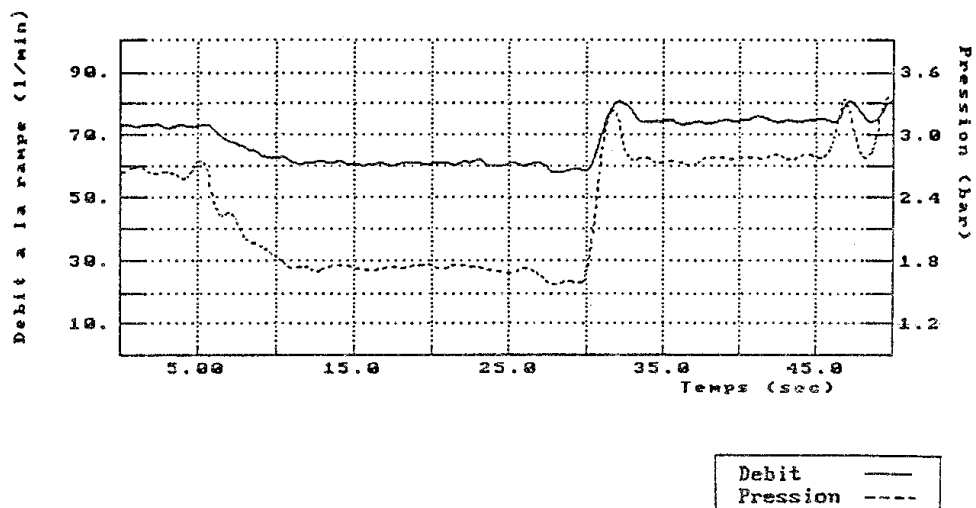


Fig. 3 : relation entre le débit destiné à la rampe (l/min) et la pression dans cette même conduite (bar).

La quantification du temps de réponse du système de régulation est rendue possible par la présence de particularités communes aux deux courbes dont on veut mesurer le décalage (par exemple courbes de débit et de vitesse ou de pression et de vitesse). Nous repérons sur une courbe un intervalle dans lequel se trouve un pic ou un creux et nous cherchons son homologue sur la deuxième courbe. La différence des abscisses donne une idée du temps de réponse. La figure 4 illustre cette méthode. L'allure des courbes ne facilite pas toujours le repérage de deux événements homologues.

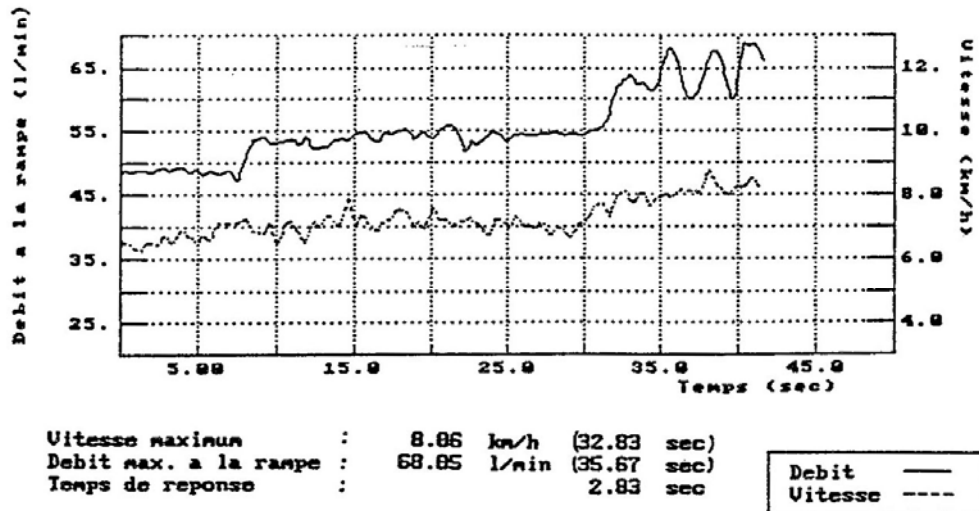


Fig. 4 : estimation de l'inertie du système de régulation à partir de la courbe du débit et de la vitesse.

### Conclusions

L'emploi d'un appareillage électronique de mesure dans les conditions réelles d'utilisation du matériel agricole est généralement difficile; les vibrations, les chocs, les variations de température, ... sont des facteurs qui rendent malaisé son usage. Néanmoins, ses avantages indéniables interviennent en sa faveur et l'application que nous en avons faite dans le contrôle des pulvérisateurs présente un intérêt certain. Un tel dispositif est intéressant par plusieurs de ses qualités :

- la faculté d'enregistrer en continu les paramètres de la pulvérisation dont on veut observer le comportement lors du changement des conditions de travail;
- la possibilité de mettre en évidence des situations anormales ponctuelles qui n'apparaissent pas avec des valeurs moyennes;
- connaissant l'équilibre hydraulique de chaque tronçon et travaillant avec des buses répondant aux normes, l'emploi d'un banc répartiteur n'est plus nécessaire;
- l'enregistrement des données autorise la gestion d'un fichier central reprenant la fiche technique des pulvérisateurs ainsi que les résultats du contrôle.

Dans l'état actuel des choses, les inconvénients sont encore nombreux mais susceptibles d'améliorations :

- l'installation des capteurs nécessite de nombreuses pièces d'adaptation;
- la fragilité de certains capteurs et connexions rend l'essai dépendant d'aléas techniques;
- le maniement d'appareils sophistiqués requiert du personnel spécialisé.

En considérant les nombreuses améliorations possibles du système et moyennant la poursuite d'une expérimentation approfondie, le bilan penche en faveur d'un système semblable pour le contrôle des pulvérisateurs.

#### Summary

Sprayer control is essential for optimal application of diverse agrochemicals. Optimal application ensures respect for the environment. For the first time, electronic measurement devices have been used to improve sprayer control speed and precision. A chain of measurement devices permits monitoring and recording of information while the sprayer is in motion. This chain is composed of the following components : electromagnetic flowmeter - pressure transducer - impulse wheel, amplifier, transmitter-receiver, recorder and computer. This device is able to control many processes. It allows the continuous recording of instantaneous data flow-pressure-speed, observation of regulation system and punctual fault detection. Control duration is short, especially considering the amount of collected informations. After processing, information about each apparatus can be conveniently stored in a central file.

## Bibliographie

- ASYST. *Up and Running with ASYST 2.0*. Macmillan Software Company, N.Y., 1987.
- CAUSSIN R. *Perspectives futures en technique de pulvérisation*. Journée d'études : application des produits phytosanitaires et environnement, 1990.
- CAUSSIN R. Les pulvérisateurs pour grandes cultures : rappel des principes - bilan des perfectionnements. *Perspectives agricoles*, 30, 10-32, 1979.
- DAGNELIE P. *Théorie et méthodes statistiques*.- vol.1. Les presses agronomiques de Gembloux, 378 p, 1973.
- DAGNELIE P. *Théorie et méthodes statistiques*.- vol.2. Les presses agronomiques de Gembloux, 462 p, 1975.
- DEBOUCHE Ch. *Hydraulique et machines hydrauliques - partie 1*. Notes de cours, Faculté des sciences agronomiques de Gembloux, 203 p, 1988.
- ENDRESS + HAUSER. *Picomag DMI 6530 Flow Measurement Operating Installation Manuel*. Endress + Hauser, Measurement and Automation, 20 p, 1987.
- EVARD. *Le pulvérisateur*. Service agronomique, Ets Evrard, Beaurainville, 215 p, 1984.
- JOHNE + REILOFHER. *8-Channel Universal Amplifier 8 MV 1*. Johne + Reilofher KG, München.
- MATERIEL ET TECHNIQUE DE TRAITEMENT. *Motorisation et techniques agricoles*. Numéro spécial, n°50, 276 p, 1983.
- OESTGES O. *Entretien et régler correctement son pulvérisateur*. Station du Génie Rural, Centre de recherches Agronomiques, Gembloux.
- REGULOR. *Manuel d'utilisation et d'entretien*. Ets Evrard, Beaurainville, 53 p, 1989.
- VITLOX O. et DETRAUX F. *Techniques de mesure appliquées aux machines agricoles*. Centre de recherches Agronomiques, Gembloux, 103 p, 1978.