



TRANSFERT DE TECHNOLOGIE EN AGRICULTURE

MADRPM/DERD

• Octobre 2004 •

PNTTA

Conception et évaluation d'un prototype de

pulvérisateur agricole motorisé et roulant

Introduction

A l'échelle mondiale, les pertes en production agricole causées par les parasites et les ravageurs des cultures s'évaluent à 40%. La quantité de pesticides appliquée chaque année est estimée à 2,5 millions de tonnes. La part de cette quantité qui entre en contact avec les organismes indésirables est très faible. La plupart des chercheurs l'évaluent à moins de 1%.

L'efficacité d'application des pesticides est très faible et reste tributaire des techniques adoptées pour la diffusion de la bouillie sur la cible, plus précisément de l'état et des performances du matériel de pulvérisation utilisé. D'énormes progrès technologiques réalisés sur le matériel de pulvérisation agricole ont abouti à des niveaux d'efficacité d'application des pesticides très élevés dans les pays développés. Cependant, cette efficacité reste faible dans les pays en voie de développement pour des raisons techniques et économiques d'adoption et/ou d'adaptation de la nouvelle technologie.

Selon une étude réalisée par la FAO en 1998 sur 17 pays, le petit matériel de pulvérisation est largement utilisé par les agriculteurs et les problèmes rencontrés sont dus à un mauvais état des équipements, à des pratiques irrationnelles et à un manque de mesures de sécurité. L'étude a aussi constaté le grand potentiel du risque environnemental causé par l'utilisation des pesticides en présence de ces problèmes.

Par ailleurs, les méthodes d'application des pesticides pratiquées sur le terrain dans plusieurs pays en voie de développement ne reflètent pas l'avancement technologique des équipements de pulvérisation. Dans certains cas, le changement des buses du pulvérisateurs à dos pourrait à lui seul réduire de 70% les pesticides effectivement utilisés par les agriculteurs.

Au Maroc, le parc du matériel de pulvérisation est dominé à plus de 90% par le petit matériel à dos. Son utilisation rencontre

d'énormes problèmes techniques de diffusion homogène de la bouillie et de valorisation des produits pesticides et de l'eau. L'utilisation des pulvérisateurs tractés est aussi sujette à des problèmes de choix, de réglage et de maintenance en relation avec la faible technicité de l'agriculteur.

A titre indicatif, les pertes en rendement des céréales dues aux mauvaises herbes s'estiment à un minimum de 25% et peuvent atteindre 100%. Les traitements herbicides sont en général réalisés à l'aide de pulvérisateurs à dos avec des efficacités qui sont dans la plupart des cas insuffisantes. Ceci est dû à la déficience des techniques d'application des herbicides (choix des buses, volume d'eau, répartition de la bouillie, etc...) à tel point que le traitement d'un hectare de blé avec un pulvérisateur à dos nécessite parfois une journée de travail.

Ce diagnostic pousse à réfléchir pour la conception, au niveau de la recherche agronomique, d'autres matériels de traitement pesticide plus efficaces et économiques en énergie humaine, en eau et en temps. Dans ce sens, un prototype de pulvérisateur agricole à moteur thermique a été développé au niveau du Laboratoire de Machinisme Agricole du Centre Régional de la Recherche Agronomique de Settat.

SOMMAIRE

n° 121

Machinisme agricole

- Objectif et approche de développement.....p.1
- Le parc du petit matériel de pulvérisation...p.2
- Contraintes du pulvérisateur à dos.....p.2
- Description et performances du prototype...p.3
- Evaluation du prototype sur les céréales.....p.4

Objectif du projet

L'idée de conception d'un pulvérisateur agricole vise à développer un outil motorisé et roulant, potentiellement adapté à la classe des exploitations de l'ordre de 10 ha et moins, et capables d'améliorer les conditions technico-économiques d'application des pesticides relativement aux conditions effectives rencontrées sur le terrain, liées à l'utilisation du petit matériel à dos.

Approche de développement

La concrétisation d'une telle conception a été basée sur une caractérisation des contraintes techniques, économiques et ergonomiques relatives à la réalisation des traitements pesticides à l'aide du petit matériel à dos largement utilisé. Cette caractérisation a ensuite permis de définir un cahier de charges pour la mise au point d'un nouveau prototype de pulvérisateur agricole plus efficace et capable de répondre à ces contraintes. Par ailleurs, la pénibilité d'opérer avec le matériel de pulvérisation à dos nous a poussé à réfléchir au



développement d'un outil roulant afin de cerner la contrainte ergonomique liée à la charge de l'outil à dos, à l'action manuelle de la pompe, et à la possibilité d'utiliser une cuve de contenance plus grande pouvant réduire le temps des remplissages et améliorer le rendement horaire du traitement.

Importance du parc de petit matériel agricole de pulvérisation

À l'échelle nationale, le parc matériel de pulvérisateurs agricoles est dominé par le petit matériel à dos. L'absence de chiffres officiels et fiables sur le nombre de pulvérisateurs à dos existants, nous a poussé à faire des estimations. Sur la base des chiffres de vente, disponibles auprès de la DPAE, et tenant compte d'une durée de vie moyenne de 5 ans pour cet outil, le nombre de pulvérisateurs à dos fonctionnels est estimé à 100.000 unités (Figure 1). En effet, les ventes annuelles de cet outil sont de l'ordre de 20.000 unités et gèrent un chiffre d'affaires de l'ordre de 12 Millions de Dh/an (Figure 2).

Le nombre d'exploitations agricoles ayant une taille de moins de 10 hectares, et potentiellement utilisatrices de ce petit matériel, s'estime à 1,25 millions, soit 87% du total.

L'utilisation du matériel de pulvérisation tracté par cette classe d'exploitations est très faible. En effet, le nombre de tracteurs que possèdent les agriculteurs ayant moins de 10 ha ne dépasse pas 5.600 unités, soit seulement 13% de l'effectif du parc tracteur disponible. En outre, le nombre total du parc de pulvérisateurs et atomiseurs tractés se limite à 9.500 unités. Les chances pour que les agriculteurs ayant des superficies de moins de 10 hectares utilisent ce matériel tracté sont minimes.

À l'échelle de la région de la Chaouïa, le ratio d'agriculteurs possédant un pulvérisateur à dos s'évalue à un rapport de 1/10.

La simplicité des pulvérisateurs à dos, leur faible coût d'achat, la subvention de 50% accordée par l'État, et leur adaptation à

l'application des pesticides sur de petites et moyennes superficies, justifient le chiffre de vente et contribuent considérablement à l'essor de cet équipement.

Contraintes liées à l'utilisation des pulvérisateurs à dos et solutions proposées

Malgré la simplicité du pulvérisateur à dos, son utilisation se heurte à des problèmes de **choix des buses**, de **stabilité de débit et de pression**, de **répartition inexacte et aléatoire de la bouillie** dans la nature, de **faible valorisation de la quantité d'eau** utilisée et de **faible rendement horaire**.

Choix des buses

Les buses sont les éléments essentiels dans un pulvérisateur agricole. Elles sont responsables de la fragmentation de la bouillie en gouttelettes fines et de son application sur la cible. Il existe une multitude de buses, classées généralement en trois types: **buse à turbulence**, **buse à jet plat**, et **buse à miroir**. Le développement de la technologie de la pulvérisation fait qu'il existe actuellement des buses de haute efficacité. Cependant, la majorité du parc de pulvérisateurs à dos existants est équipée avec des buses à turbulence, relativement moins efficaces.

Stabilité de la pression et de débit

La pression et/ou le débit de service d'un pulvérisateur à dos à pression entretenue se caractérisent par des fluctuations considérables. Pour appliquer précisément un produit pesticide sur une cible avec un pulvérisateur à dos, les paramètres suivants doivent être satisfaits: **une vitesse d'avancement constante**, **une largeur de travail uniforme**, **une pression constante** au niveau de la buse, et **une taille de gouttelettes** appropriée. À l'exception de la vitesse d'avancement, tous ces paramètres sont influencés par la pression de service. Pour remédier à ce problème, plusieurs pulvérisateurs de marque sont équipés de régulateurs de pression (photo 1). Cependant, la quasi-totalité des marques existantes sur le marché national ne sont pas équipées de régulateurs de pression ou de valves de maintien de la pression à niveau constant.



Photo 1: Pulvérisateur à dos à pression entretenue équipé d'une buse à jet plat et d'une valve de maintien de pression à niveau constant



Photo 2: Problèmes de disponibilité et de transport de l'eau (Jemâa Riah, à Chaouïa)



Répartition de la bouillie

La répartition de la bouillie sur la cible par un pulvérisateur à dos est relativement moins homogène. Elle est conditionnée par le type de buses utilisé et la stabilité latérale et verticale de la rampe mono-buse ou multi-buses. Environ 90% des pulvérisateurs à dos vendus au Maroc sont équipés d'une seule buse à turbulence. Ce type de buse est relativement le moins efficace par rapport aux buses à miroir ou à jet plat. En outre, les méthodes de traitement pratiquées par les agriculteurs sur les grandes cultures, en déplaçant la rampe mono-buse latéralement et en zigzag pour couvrir une grande largeur, font que la répartition de la bouillie est médiocre.

L'adaptation d'une rampe pliable de 4 ou 5 mètres de largeur (8 ou 10 porte-buses), similaire à une rampe d'un pulvérisateur tracté, munie de clapets anti-égouttes et équipée de buses à jet plat efficaces et facilement changeables, améliore considérablement la répartition de la bouillie et réduit le temps de traitement (cas du prototype développé).

Contrainte de l'approvisionnement en eau

L'utilisation du pulvérisateur à dos est recommandée avec des volumes de bouillie supérieurs de 200 l/ha. En effet, le potentiel de pression de service disponible ne permet pas d'assurer des pressions élevées, capables de fragmenter et répartir des volumes réduits de l'ordre de 100 l/ha. Les constats faits sur le terrain montrent que les agriculteurs ont tendance à utiliser effectivement des volumes d'eau inférieurs à 200 l/ha. Dans un milieu aride ou semi-aride, les problèmes de disponibilité et de transport de l'eau sont posés. La faisabilité de réussir des traitements à volume réduit avec un pulvérisateur à dos est très faible. L'idée de développer un pulvérisateur à moteur thermique, capable de fournir une source de pression suffisante, permet d'améliorer le niveau d'efficacité des traitements avec la réduction du volume d'eau utilisé et, par conséquent, réduire consi-

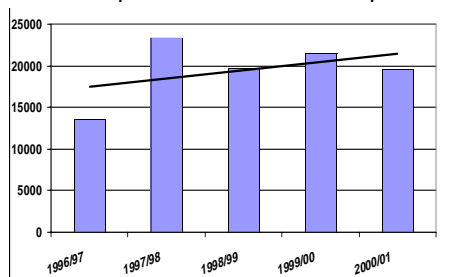


Figure 1: Nombre d'unités de pulvérisateurs à dos vendus (DPAE, 2002)

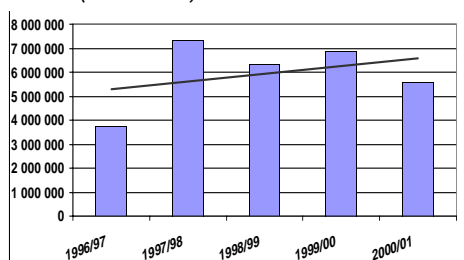


Figure 2: Chiffre de subvention de 50% accordée aux pulvérisateurs à dos vendus en Dh (DPAE, 2002)

dérablement la contrainte d'approvisionnement en eau. Plusieurs recherches ont démontré des niveaux d'efficacité importants avec des volumes d'eau inférieurs à 100 l/ha. Une réduction potentielle du volume d'eau de moitié est possible en utilisant des outils performants, comme c'est le cas du prototype développé.

Faible rendement horaire

Le pulvérisateur à dos est caractérisé par son faible rendement horaire, à cause du temps important nécessaire pour la réalisation du traitement et le remplissage de la cuve. Il faut parfois plus d'une demi-journée pour le traitement d'un hectare de blé avec un nombre de remplissages de plus de dix. L'utilisation d'une rampe pliante multi-buses, d'une largeur de 4 ou 5 mètres et d'une cuve de 30 litres (cas du prototype développé), permet de considérablement réduire le temps de traitement et de remplissage à moins d'une heure par hectare. A ces avantages s'ajoute la réduction du volume de bouillie utilisé par hectare.

Description du prototype développé

Le prototype développé est un pulvérisateur agricole à pression liquide à moteur thermique, conçu pour réaliser des traitements pesticides sur les grandes cultures et les cultures maraîchères (Figure 3). Il est constitué des éléments suivants:

- un moteur à essence à deux temps d'une puissance nominale de 0,5 Cv,
- une pompe à membrane de débit maximal de 14 l/min et une pression maximale de 20 bars,
- un manomètre et des vannes de distribution,
- une rampe de 8 porte-buses espacées de 50 cm,
- une cuve de capacité de 30 litres,
- une roue à pneu de bicyclette, et
- un châssis muni d'un guidon.

Ce pulvérisateur a un poids à vide de 20 kg et permet de réaliser des traitements avec des possibilités d'ajustement de pression (de 1 à 6 bars) et de débit grâce à des vannes de distribution qui assurent le réglage via un circuit de retour vers la cuve. Le déplacement est assuré par l'opérateur en poussant le pulvérisateur roulant à l'aide d'une roue de bicyclette.

Performances du prototype

Le prototype développé actuellement est le prototype n°2. Le prototype n°1 a subi des tests au laboratoire sur l'étanchéité du circuit hydraulique et la réponse des vannes de distribution au changement de pression et de débit de service disponible à l'amont de la rampe.

Par ailleurs, les tests au champ ont permis de soulever quelques défaillances techniques de confection et de dimensionnement (soudure, vibrations, fixation du moteur, orientation du pot d'échappement, position de la rampe, stabilité de support de la rampe, roue de rayon petit, longueur

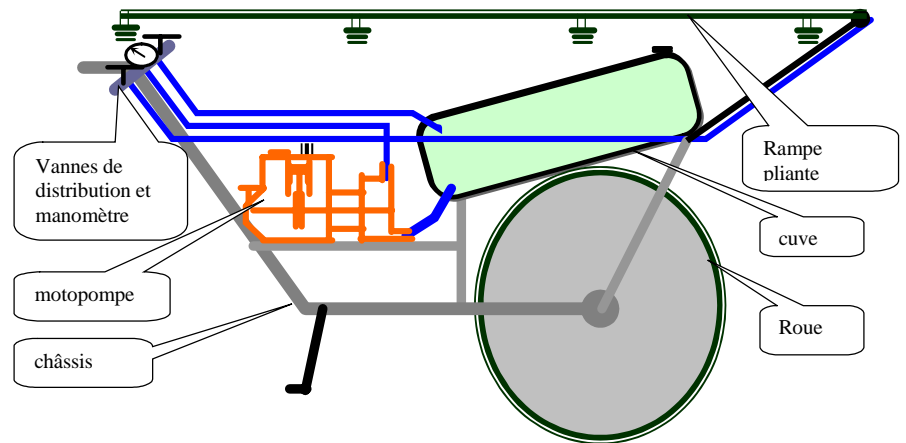


Figure 3: schéma du prototype de pulvérisateur agricole développé (prototype n°2)



Photo 3: Test du circuit hydraulique de pulvérisateur (prototype n°1)



Photo 4: Test et évaluation de pulvérisateur sur un champ de blé (prototype n°1- site Jemaa Riah)



Photo 5: Test et évaluation du prototype sur un champ de blé chez un agriculteur à Ain Nzagh (prototype n°2)

et inclinaison du guidon...etc). Après la correction des défaillances remarquées, et des changements au niveau du châssis, du support de la rampe, et de la roue, et après une série de tests et d'ajustements, le prototype n°2 est devenu facile à manipuler par l'opérateur et apte à la réalisation de traitements au champ.

Evaluation du prototype pour le désherbage des céréales

Cette étude d'évaluation a été entreprise en collaboration avec Dr. Abbès Tanji, Malherbologiste au CRRA de Settat. L'objectif est d'évaluer sur deux champs de blé, l'efficacité de cinq traitements herbicides effectués à l'aide de ce prototype de pulvérisateur avec des buses à jet plat donnant des débits différents. Deux essais ont été conduits dans la province de Settat en 2002-03.

Essai I

Le premier essai a été conduit au domaine expérimental de Jemaa Riah (30 km au nord-est de Settat). Le sol est de type sablo-limoneux (hamri) composé de 30 % de limon, 60 % de sable et 10 % d'argile. Le pH est de 6,6. Le semis au semoir a eu lieu le 18 novembre 2002 à la dose de 150 kg/ha de blé tendre «variété Arrihan». L'espacement entre les lignes a été de 15 cm. Un apport d'urée 46% de 50 kg/ha a eu lieu en mi-janvier. Les traitements herbicides ont été effectués le 4 février 2003 avec le 2,4D ester de butyl glycol à la dose de 480 g/ha, en utilisant le pulvérisateur à moteur équipé de différentes séries de buses à jet plat et donnant des volumes variant de 143 à 365 L/ha à la pression de 2,5 bars (Tableau 1).

La taille des parcelles élémentaires a été de 20mx4m, réparties en blocs aléatoires complets à 4 répétitions. Le souci d'Algérie (*Calendula stellata*) a été l'espèce la plus dominante dans l'essai.

Essai II

Un essai similaire a été réalisé chez un agriculteur à Ain Nzagh (10 km au sud de Settat). Le sol est de type argileux limoneux (tirs) composé de 33% d'argile, 50% de limon et 17% de sable. Le pH est de 8,3. Le semis a eu lieu le 8 décembre 2002 à la volée après un labour au «cover crop». La dose de semis est de 200 kg/ha de blé dur «variété Karim». Une quantité de 150 kg/ha d'engrais (14-28-14) a été épandue avant le recouvrement des semences au cover crop. Un apport d'urée 46% de 50 kg/ha a eu lieu en fin janvier. Les traitements herbicides ont été effectués le 1 mars 2003 avec le 2,4-D ester de butyl glycol à la dose de 480 g/ha. Le chrysanthème à couronnes (*chrysanthemum coronarium*) a été l'espèce la plus dominante dans le champ, en utilisant le pulvérisateur à moteur équipé de différentes séries de buses à jet plat et donnant des volumes variant de 117 à 356 L/ha à la pression de 2 bars (tableau 1).

Dans les deux sites, l'échantillonnage des

Tableau 1: Efficacité des traitements herbicide 30 jours après application du 2,4-D ester de butyl glycol avec un pulvérisateur à moteur dans deux sites (province de Settat en 2002-03)

| Buse | Site de Jemaa Riah | | | Site de Ain Nzagh | | |
|----------------|--------------------|---|-----------------------|-------------------|---|-----------------------|
| | Volume (L/ha) | Poids sec des adventices dicotylédones ¹ (g/m ²) | Taux de Réduction (%) | Volume (L/ha) | Poids sec des adventices dicotylédones ² (g/m ²) | Taux de Réduction (%) |
| Teejet S8001 | 143 | 53 | 83 | 117 | 151 | 64 |
| Teejet XR80015 | 193 | 59 | 72 | * | * | * |
| Albuz jaune | 209 | 110 | 62 | 150 | 118 | 62 |
| Albuz orange | 337 | 61 | 67 | 218 | 206 | 46 |
| Albuz vert | 365 | 66 | 71 | 356 | 175 | 52 |

¹Prédominance du souci d'Algérie (*Calendula stellata*), adventice dicotylédone annuelle sensible au 2,4-D ester de butyl glycol même au stade floraison de l'adventice. ²Prédominance de chrysanthème à couronnes (*Chrysanthemum coronarium*), adventice tolérante au 2,4-D ester de butyl glycol surtout au stade floraison de l'adventice.

adventices a eu lieu 30 jours après les traitements sur deux placettes de 0,5 m² au milieu de chaque parcelle. La partie aérienne des plantes adventices dicotylédones a été desséchée à l'étuve à 75 °C pendant 3 jours et pesée. Les poids secs obtenus ont été comparés à un témoin non traité afin de calculer le taux de réduction. Les données ont fait l'objet de l'analyse de la variance et les moyennes ont été comparées avec le test de la plus petite différence significative (PPDS).

Résultats

Dans les deux sites, aucune différence significative entre les poids secs des adventices dicotylédones annuelles n'a été détectée entre les différentes buses testées (Tableau 1). Les niveaux d'efficacité ont varié entre 62% et 83% dans l'essai de Jemaa Riah et entre 46 et 64% dans celui de Ain Nzagh. Le souci d'Algérie, espèce prédominante dans l'essai de Jemaa Riah, a été relativement plus sensible au stade floraison que le chrysanthème à couronne qui a prédominé dans l'essai d'Ain Nzagh. Ces efficacités sont comparables à celles rapportées dans une étude concernant 40 essais de désherbage du blé avec le même herbicide et la même dose dans la province de Settat.

Cette étude a montré la possibilité de réduire le volume de bouillie à 143 L/ha dans l'essai de Jemaa Riah et à 117 L/ha dans l'essai d'Ain Nzagh. Ces volumes réduits ont été obtenus en utilisant des buses de petit calibre Teejet 8001S (angle: 80°, débit: 0,43 L/min, pression: 2 bars).

Les buses «Albuz» jaunes (angle: 80°, débit: 0,56 L/min, pression: 2 bars) ont donné la même efficacité de 62% dans les deux sites avec des volumes de 209 L/ha dans l'essai de Jemaa Riah et 150 L/ha dans l'essai d'Ain Nzagh. En utilisant ces mêmes buses, d'autres études ont trouvé des efficacités satisfaisantes avec le volume de 123 L/ha pour faire les traitements avec *imazaméthabenz* et *fluazifop-p-butyl* dans une culture de tournesol dans la région de Meknès.

Ce nouveau pulvérisateur présente l'avantage d'économiser l'eau, sachant que c'est un facteur limitant au Maroc et particulièrement dans les régions pluviales. En effet, des volumes entre 100 et 200 litres/ha ont

été suffisants pour obtenir des efficacités comparables à celles obtenues avec des volumes variant entre 200 et 400 litres/ha. La présence d'une source de pression suffisante a assuré une fragmentation adéquate du liquide en gouttelettes fines et une répartition homogène de la bouillie, ce qui n'est pas le cas avec l'utilisation d'un pulvérisateur à dos. Ce matériel a également l'avantage d'économiser le temps réservé à l'opération de traitement et au remplissage de la cuve. En effet, si l'opérateur marche à pas réguliers à la vitesse de 1 m/s, **Le temps réel nécessaire pour faire un traitement herbicide sera d'environ 40 minutes, durant lesquelles le moteur consommera 1 litre d'essence.** Le temps de remplissage sera également réduit puisque 4 à 7 cuves de 30 litres seraient suffisantes pour traiter un hectare.

Conclusion

En conclusion, ce nouveau pulvérisateur peut considérablement contribuer à la réalisation des traitements herbicides sur de petites et moyennes superficies de céréales en utilisant des volumes de bouillie réduits. Un travail d'amélioration des performances est en cours afin d'évaluer ce matériel pour réaliser les traitements insecticides et fongicides sur différentes cultures. **Le coût de la machine a été évalué à 2500 Dh.** Des discussions avec un industriel sont en cours pour la fabrication en série du prototype. Par ailleurs, une version automotrice du prototype, avec une capacité double de la cuve (60 litres), sera développée afin de réduire davantage le temps de travail et de remplissage ■.

**Abdellah EL AISSAOUI,
Ali AIT OUNEJJAR, Oussama EL
GHARRAS, Abbès TANJI, Abdrahmane
KRIMI et Khalid CHERKAOUI**

Laboratoire de Machinisme Agricole
Centre Régional de la Recherche Agronomique de Settat
ab_elaiassaoui@yahoo.fr, Tél. (066) 92 30 97

Nos vifs remerciements à Mr IDRISSE Mohamed, Directeur de la société ATMAR, pour le soutien matériel qu'il nous a apporté pour la réalisation de ce travail.