

**CONCEPTION DES PULVERISATEURS POUR DIMINUER L'EXPOSITION AUX PRODUITS
PHYTOPHARMACEUTIQUES : APPROCHE ERGONOMIQUE**

D. LACROIX, J. RICHARDSON, S. GRIMBUHLER⁽¹⁾

⁽¹⁾ UMR ITAP, Irstea, Domaine de la Valette, 361 rue Jean François Breton, 34000 Montpellier,
France, sonia.grimbuhler@irstea.fr

RÉSUMÉ

Les produits phytopharmaceutiques protègent les cultures des organismes nuisibles. Les agriculteurs assurent les traitements par l'intermédiaire des pulvérisateurs. Ce projet s'intéresse à leur exposition pendant la manipulation des machines et vise à sa réduction. 7 viticulteurs ont été observés et interrogés pour mieux comprendre leur activité et caractériser cette exposition notamment par un recensement des contacts cutanés avec le pulvérisateur. Les observations tiennent compte de l'ensemble des phases de travail, à savoir : préparation, traitement, rinçage/lavage. Certains composants des pulvérisateurs enregistrent un nombre de contacts plus important comme certaines opérations. Cependant, les contacts avec des éléments extérieurs à ces machines sont également nombreux. L'analyse de l'activité permet de faire ressortir les interactions fonctionnelles entre les éléments et d'extraire les besoins à prendre en compte dans la conception des futurs pulvérisateurs, pour garantir une réduction de cette exposition.

Mots-clés : risque chimique, activité, besoins, conception d'équipement.

ABSTRACT

DESIGN SPRAYERS IN ORDER TO REDUCE PESTICIDE EXPOSURE OF FARMERS

Abstract. Plant protection products protect field crops from pests. Farm workers carry out different tasks involved in spraying. This project is interested in their exposure during sprayer use with the aim of reducing it. Seven vineyard workers were observed and interviewed to understand their activity and to characterize their exposure with counts of physical contact between worker and sprayer. All phases of spraying were taken into account: mixing/loading phase, spraying application and rinsing / cleaning. Some sprayer components recorded a greater number of contacts, as well as some operations. However, contacts with external elements to the sprayer were also numerous. The activity analysis brings out the functional interactions between components and underlines the operator's requirements to be taken into account in the design of future sprayers to ensure a reduction in exposure.

Keywords: exposure risk, activity, requirements, equipment design.

INTRODUCTION

En Europe, la directive 2009/127/CE encadre la conception des machines agricoles, notamment les pulvérisateurs, et stipule la nécessité d'assurer la sécurité et la santé des travailleurs et des consommateurs. Les normes NF EN ISO 4254.1, NF EN ISO 4254.6 et NF EN 12761 se rapportent à cette directive et servent de référence pour les constructeurs de machine. La directive précise qu'au niveau des risques chimiques, s'ils ne peuvent être éliminés, la machine doit être équipée de manière à avoir un maximum d'effet pour éviter les risques d'inhalation, d'ingestion et de contact avec le produit.

Lors de l'application des produits phytopharmaceutiques, une partie d'entre eux se dépose sur les surfaces externes du pulvérisateur. (Ramwell et al, 2004). Le matériel est manipulé avant l'application, en phase de préparation et parfois en phase de nettoyage. Les résidus peuvent être présents sur le matériel pendant ces opérations, d'autant plus si le nettoyage a été négligé (Ramwell et al, 2005). De plus, il existe une influence de l'exposition en fonction du matériel utilisé et de son entretien (Lesmes-Fabian et al, 2012). Wicke (1999) démontre notamment que le type de buse sur un pulvérisateur, influence l'exposition des agriculteurs au produit. L'étude menée par Baldi en 2006 montre une contamination moins importante lors de l'utilisation des pulvérisateurs type « porté/enjambeur » que ceux de type « trainé ».

Le présent projet vise à enrichir le processus de conception des pulvérisateurs, dans un but de réduire l'exposition potentielle aux produits phytpharmaceutiques lors des différentes tâches des opérateurs : préparation de la bouillie, le traitement et le nettoyage du matériel

DU PULVERISATEUR A L'EXPOSITION AUX PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES

Les agriculteurs accordent une forte priorité à la réalisation des traitements (Lambert et al, 2012). Il existe différents types de cultures (céréalière, viticole, arboricole, horticole) sur lesquelles des produits phytopharmaceutiques sont utilisés.

Les paramètres tels que le type de culture, le type de végétation et le produit utilisé influent sur la pulvérisation en elle-même et donc sur le type de machine utilisée. Les pulvérisateurs se différencient par leur mode de transport : trainé ou porté (enjambeur). Les pulvérisateurs portés permettent de traiter une surface importante. Les pulvérisateurs trainés seront souvent utilisés dans les plus petites exploitations. Ils se distinguent aussi par leur type de pulvérisation : en jet projeté, porté et pneumatique.

Les pulvérisateurs se différencient aussi par les composants qui les constituent. Il existe un nombre de composants que l'on retrouve classiquement sur chaque pulvérisateur, à savoir : la cuve principale, la cuve de rinçage, le rince-main, la jauge, le manomètre, les filtres, les rampes (type face par face, canon, voûte droite), les buses et le système de vidange.

L'utilisation du pulvérisateur peut se décomposer en plusieurs étapes. Tout d'abord, il y a une préparation de la bouillie (remplissage de la cuve principale en eau claire, dosage des produits, incorporation des produits dans la cuve, mélange). Cette phase est suivie du traitement. Enfin, la pulvérisation se termine par une phase de rinçage et nettoyage du pulvérisateur (rinçage des éléments en contact de la bouillie allant de la cuve principale, aux filtres, aux rampes et aux buses et lavage de l'extérieur du pulvérisateur).

La phase de traitement est généralement beaucoup plus longue que les deux autres. Cependant, il apparaît que la phase de préparation est plus exposante que la phase de traitement (respectivement 87mg et 37mg de résidus reçus) (Lebailly et al, 2009). De même, les contacts avec le pulvérisateur sont observés durant la phase de préparation qui nécessite une activité manuelle de la part des opérateurs. Cette opération peut se répéter plusieurs fois selon la surface à couvrir (Lambert et al, 2012).

Pendant ces activités, les agriculteurs manipulent les emballages des produits et le pulvérisateur. Les opérations réalisées entraînent une proximité entre l'agriculteur, le produit et le matériel pouvant se traduire par des inhalations de produit et des contacts cutanés. La voie cutanée est prédominante dans l'exposition au produit, voie à laquelle nous allons nous intéresser plus particulièrement. Certains travaux ont mis en évidence l'hétérogénéité de l'exposition au produit selon les phases de

travail et les zones corporelles et ont montré que la relation entre le nombre de contacts observés et la contamination réelle n'est pas si évidente (Lacroix et al, 2011).

Ainsi, les objectifs de ce projet sont d'identifier les liens entre les contacts observés et l'activité réalisée, de mettre en évidence les paramètres qui influent sur la variabilité des contacts. A terme, ce projet vise à réduire l'exposition tout en diminuant les autres contraintes liées à l'activité. Ce travail a pour but d'identifier les besoins des agriculteurs quant à leur matériel pour réduire leur exposition et les intégrer dans la conception des futurs pulvérisateurs.

MATERIEL ET MÉTHODE

Plusieurs hypothèses ont été émises quant aux déterminants liés au pulvérisateur entraînant une exposition aux produits phytopharmaceutiques et plus précisément des contacts cutanés. Il semble que la fréquence des contacts soit augmentée par plusieurs facteurs, à savoir :

- les composants du pulvérisateur
- les opérations effectuées lors des phases de travail
- l'accessibilité des composants
- le type de pulvérisateur

Ces facteurs conduisent l'opérateur à développer, pendant l'activité, certains modes opératoires et à adopter certaines postures pouvant mener à une contrainte physique et à davantage de contacts avec le matériel.

Afin de vérifier ces hypothèses, ce projet a consisté à réaliser plusieurs études de cas où les agriculteurs utilisent un pulvérisateur. Pour chaque situation rencontrée à un moment donné, des observations, des entretiens et une analyse de l'activité ont été réalisés de manière à croiser les données recueillies dans chaque exploitation. La finalité de ces études de cas a pour but d'identifier les contacts cutanés dans chaque exploitation mais aussi de proposer des améliorations sur le matériel utilisé pour réduire cette exposition. Leplat (2002) précise que la finalité de l'étude de cas vise non seulement, à trouver une solution au cas particulier considéré mais à dégager aussi le principe de cette solution exploitable à l'étude d'autres cas.

Le choix des observations a porté sur des exploitations viticoles de grandes et petites tailles. Au total, 21 exploitations ont été visitées et 65 phases de travail ont été filmées, retraçant les étapes de la préparation au lavage.

Au niveau des types de pulvérisateurs, 16 pulvérisateurs trainés et 6 portés ont été observés. Sur ces 22 pulvérisateurs, 19 sont des pneumatiques et 3 sont des jets portés, équipés de rampes type face par face, canon ou aéro à voûte droite. Un protocole d'observation et de codage des contacts cutanés a été élaboré. Les classes d'observables concernent les contacts corporels (contacts direct/indirect, nombre, durée, zone corporelle, force d'appui), les contacts avec le matériel (composants du pulvérisateur et éléments extérieurs) et les caractéristiques de l'activité (opérations réalisées, postures, déplacements).

10 constructeurs ont été répertoriés Berthoud, S21, Nicolas, Paris, Pauljet, Pellenc, Tecnomat, Thomas, Tomyx, Jaguar. Le volume des cuves principales est très variable allant de 600L à 2500L.

De plus, pour chaque activité filmée, des chroniques d'activité ont été réalisées permettant d'évaluer l'enchaînement des différentes opérations dans le temps.

Une mesure d'accessibilité aux composants a été prise également sur 18 pulvérisateurs afin d'apprécier l'accessibilité et la réalité par rapport aux normes en vigueur.

Enfin, des entretiens avec les agriculteurs ont été menés notamment pour préciser des éléments de l'activité, recueillir les problèmes rencontrés et les modifications apportées à leur matériel ainsi que leurs attentes vis-à-vis de ce dernier.

RESULTATS

ANALYSE DE L'ACTIVITE EN FONCTION DES OPERATIONS REALISEES

L'analyse d'activité montre que certaines opérations sont toujours exécutées en phase de préparation, à savoir la **préparation des produits, le remplissage de la cuve principale, l'incorporation des produits avec un rinçage des contenants de produit, des opérations liées à la prise de force et des opérations liées au ventilateur**. Au niveau des chroniques d'activité en préparation, il ressort que la phase la plus longue est la **phase de remplissage de la cuve principale** lorsque les agriculteurs utilisent des cartons, des sacs de produit ou encore des sachets hydrosolubles. Lorsqu'ils rincent les contenants comme les bidons, ce sont les **phases d'incorporation des produits et de rinçage des contenants** qui sont les plus longues.

Des opérations supplémentaires se rajoutent en fonction des exploitations. Des agriculteurs ont besoin, par exemple, de nettoyer des éléments comme le tuyau d'eau qui est recouvert de produit, les buses qui vont servir au traitement ou encore le manomètre ou la jauge pour améliorer la visibilité. De même, des opérations de vérifications sont entreprises pendant la préparation ; les agriculteurs peuvent être amenés à vérifier la bonne fixation du filtre d'aspiration, le réglage du marche-pied, le niveau de la cuve de rinçage, du rince-main, la bonne position des manettes sur le poste de conduite, la présence d'air au niveau des diffuseurs de produit.

L'ensemble de ces opérations supplémentaires et des vérifications entreprises amènent des manipulations plus nombreuses sur les composants et par conséquent davantage de contacts cutanés.

Lorsque le rinçage est effectué, les opérations de **vidange de la cuve principale et son rinçage, le rinçage des rampes et des filtres** sont les plus courantes. Le remplissage de la cuve de rinçage peut être effectué en phase de préparation comme en phase de rinçage.

EXPOSITION PAR CONTACT CUTANE

Concernant les **contacts cutanés indirects** observés, il ressort que les éléments comme la **cuve principale, le tuyau d'eau claire** et les **contenants de produit** sont les éléments les plus en contact pendant l'activité

Les contacts avec la **cuve principale** sont liés à son accessibilité. Les agriculteurs doivent prendre appui avec les mains pour l'atteindre, les avant-bras ou encore le ventre pour verser les produits à l'intérieur, ou d'utiliser le marche-pied quand il est présent. La position la plus souvent adoptée est droite, les bras levés ou en appui penché au-dessus de la cuve. L'incorporation des produits dans la cuve et le rinçage de celle-ci après traitement demande d'avoir une visibilité de l'intérieur de la cuve. Ces opérations peuvent entraîner des contacts supplémentaires avec la cuve afin de faciliter cette visibilité.

Les contacts avec les **contenants de produit** se font essentiellement lors de la préparation de produit lorsqu'il s'agit de les déplacer du local phytosanitaire et de les ouvrir à proximité du pulvérisateur, ainsi qu'en phase d'incorporation des produits et de rinçage des contenants. En effet, leur rinçage demande à l'opérateur de les remplir d'eau, de les secouer et de les vider dans la cuve, ceci à plusieurs reprises.

Le **tuyau d'eau** est manipulé surtout lors du remplissage de la cuve, lors de l'incorporation des produits pour faciliter leur dissolution et lors du nettoyage des composants du pulvérisateur.

Au sujet des **contacts directs**, ils sont observés avec les **buses, les filtres, les contenants de produit et le tuyau**. Ces contacts directs s'expliquent par le fait que les composants ci-dessus sont en contact avec le produit directement. En effet, les buses et les filtres sont traversés par la bouillie dans le circuit de pulvérisation. L'ouverture des contenants de produit peut entraîner des éclaboussures sur l'agriculteur ou il peut rentrer en contact avec le produit lors de la manipulation de la capsule pleine

de produit. Le tuyau lors du rinçage des contenants ou lorsqu'il est utilisé pour dissoudre les produits peut se recouvrir de produit, exposant davantage les agriculteurs qui vont le manipuler. Les filtres et les buses entraînent des postures contraignantes pour les agriculteurs. En effet, leur accès nécessite soit de se baisser surtout pour les filtres, soit de lever les bras, et de maintenir ces positions pendant la durée des opérations comme pour nettoyer les buses. En fonction des opérations, le tuyau est manié sur différents endroits du pulvérisateur, demandant à l'agriculteur d'alterner des positions fléchies, en extension et droites. Les contenants de produit sont déplacés du lieu de stockage au lieu d'incorporation. Cela nécessite plusieurs allers-retours pour l'agriculteur et d'alterner des positions en flexion et en extension.

INTERACTIONS FONCTIONNELLES ENTRE LES COMPOSANTS DU PULVERISATEUR

Selon Marsot (2002), il existe une multitude d'outils disponibles pour intégrer l'ergonomie à la conception de produit. L'analyse fonctionnelle est un des outils de l'activité de conception permettant la détermination des fonctions d'un produit. Ici, la technique retenue pour identifier les fonctions du pulvérisateur est la recherche des différentes interactions existantes avec le pulvérisateur pendant l'activité. Le pulvérisateur est volontairement décomposé en plusieurs composants puisqu'il reste l'objet central du projet.

En fonction des opérations réalisées pendant l'activité, plusieurs composants du pulvérisateur sont utilisés en même temps.

L'utilisation simultanée des différents composants se fait soit par une manipulation physique ou par contact cutané avec les éléments, soit par une prise d'information visuelle, tactile ou auditive sur ces mêmes éléments. Pour certains composants du pulvérisateur, le contact cutané et la prise d'information sont nécessaires.

L'analyse des interactions a permis de définir les éléments utilisés pendant chaque opération. Plusieurs composants interviennent dans plusieurs opérations.

Le schéma ci-dessous représente l'analyse fonctionnelle de certains composants utilisés pendant la phase d'incorporation des produits et du rinçage des contenants, une des phases les plus exposantes en termes de contacts.

Ces interactions pendant l'activité mettent en avant l'exigence de proximité entre certains éléments ainsi que les caractéristiques nécessaires pour remplir les fonctions issues de ces interactions. En effet, le pulvérisateur intervient dans un contexte bien particulier où l'intervention d'élément extérieur à celui-ci est nécessaire pour répondre à son utilisation pendant les phases de travail. Ces éléments peuvent être des produits, un tuyau d'eau claire ou encore des outils. L'utilisation d'un pulvérisateur reflète une constante interaction entre des éléments extérieurs avec celui-ci mais aussi entre ses composants.

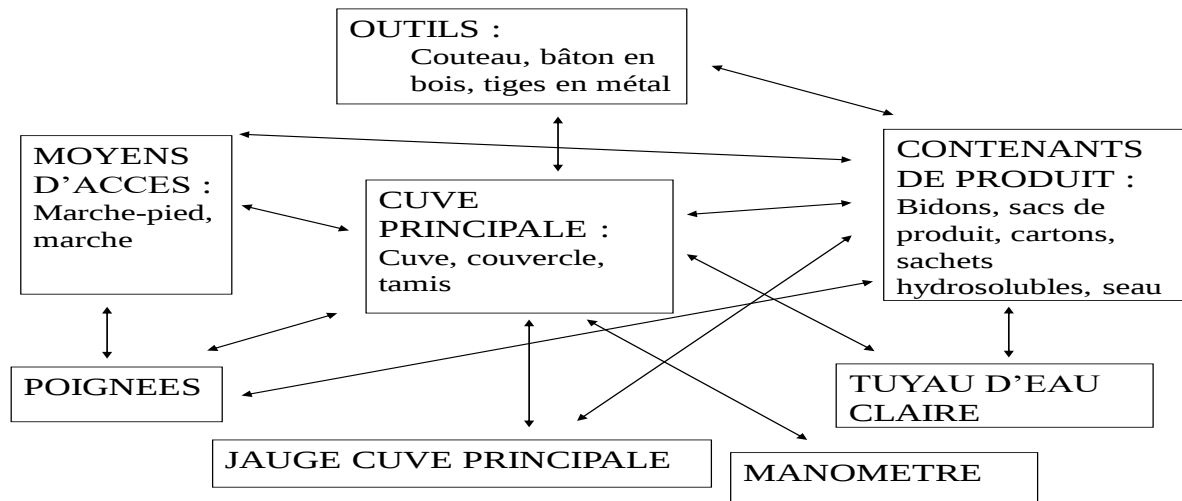


Figure 1 : Interactions fonctionnelles entre les composants lors de l'incorporation des produits et le rinçage des contenants

BESOIN DES UTILISATEURS VIS-A-VIS DU PULVERISATEUR

La mise en évidence des interactions entre ces éléments ainsi que l'analyse de l'activité et des contacts cutanés permettent de définir plus précisément l'analyse fonctionnelle du pulvérisateur. Ces résultats soulignent les causes de survenue des contacts et les besoins des opérateurs pour réaliser les opérations liées à la pulvérisation.

Les besoins des agriculteurs ont été répertoriés dans l'objectif de réduire ces contacts et de faciliter l'utilisation du pulvérisateur.

Les différentes fonctions nécessaires à prendre en compte lors de la conception des pulvérisateurs sont multiples et pour certaines interviennent lors de plusieurs opérations lors de l'activité.

Le tableau ci-dessous traduit en exemple des fonctions nécessaires du pulvérisateur lors de l'incorporation des produits et du rinçage des contenants. Ces fonctions sont le résultat de l'analyse des besoins des utilisateurs.

Tableau I : Exemples des fonctions primaires pour un pulvérisateur en lien avec les fonctions secondaires pour l'opération d'incorporation des produits et rinçage des contenants

Fonctions primaires identifiées sur le pulvérisateur	Fonctions secondaires
Contenir la bouillie dans un réceptacle ex : Cuve principale	Rendre accessible le réceptacle par des moyens- d'accès si nécessaire Rendre visible l'intérieur du réceptacle Doter d'un système de remplissage en eau claire Doter d'un système de rinçage efficace Accrocher le couvercle du réceptacle Rendre accessible le couvercle et faciliter son ouverture et sa fermeture Stocker le tamis facilement et faciliter son nettoyage Positionner à proximité des autres composants dont ceux pour remplir le réceptacle d'eau claire, ceux qui affichent la pression du circuit de bouillie, le niveau de remplissage du réceptacle et ceux qui contiennent les produits
Rincer les contenants de produit : ex : Tuyau d'eau claire, rince-bidon	Doter d'un système de rinçage efficace des contenants de produits Doter d'un système d'ouverture et de fermeture du circuit d'eau claire au niveau du rinçage des contenants Compléter le système de rinçage par un élément de maintien aux autres éléments du pulvérisateur Faciliter sa maniabilité et son accessibilité à n'importe quel endroit du pulvérisateur
Faciliter l'incorporation des produits dans le réceptacle	Faciliter l'ouverture, le transport et le rinçage des contenants de produits Rendre accessible le réceptacle de bouillie par des moyens- d'accès si nécessaire Faciliter la dissolution des produits si possible et doter le pulvérisateur d'un mélangeur efficace de bouillie
Rendre utilisable les moyens-d'accès : ex : marche-pied, marche, poignées	Doter le moyen- d'accès d'une surface suffisante pour pouvoir permettre à l'opérateur d'utiliser les appuis dont il a besoin de manière stable (pieds, mains) Positionner les moyens-d'accès dans l'axe des composants dont l'accessibilité doit être améliorée
Afficher le niveau de remplissage dans le réceptacle de bouillie et la pression dans le circuit : ex : Jauge graduée et Manomètre à aiguille	Rendre visible le niveau de remplissage et la pression de manière à ce qu'ils soient visibles de n'importe quel endroit du pulvérisateur Rendre fiable ces éléments et résistant aux utilisations Doter d'une maintenance facile

Figure 1 : Exemples des fonctions primaires pour un pulvérisateur en lien avec les fonctions secondaires pour l'opération d'incorporation des produits et rinçage des contenants

DISCUSSION

Les résultats de ces observations soulignent la prédominance de certains organes du pulvérisateur dans la survenue des contacts. Les organes peuvent être séparés en deux catégories. L'une correspond aux organes avec davantage de contacts cutanés observés. Dans cette catégorie, l'exposition cutanée avec la cuve principale ou cuve intermédiaire utilisée pour les pulvérisateurs enjambeurs est prédominante. De plus, les autres organes comme les moyens d'accès et la jauge qui font partis des éléments du pulvérisateur à améliorer en priorité, sont fortement liés à l'activité avec la cuve principale. L'autre catégorie rassemble les organes du pulvérisateur où les contacts sont moins fréquents mais où les contacts directs sont plus probables. Il s'agit des buses, des filtres et du système de vidange.

L'amélioration des pulvérisateurs du point de vue de l'exposition au produit est à appréhender dans sa globalité dans le sens où certains organes sont utilisés en même temps. Une modification apportée à un organe doit prendre en compte les conséquences potentielles sur les autres composants.

Ces interactions entre les organes entraînent un rapprochement spatial de certains organes entre eux. Ainsi, le positionnement entre les composants doit prendre en compte les positions ouvertes et fermées de ces derniers pour ne pas que les composants se gênent entre eux pendant l'activité et à fortiori les agriculteurs.

Certaines situations ont été relevées où un composant a été en contact avec d'autres éléments à cause du manque d'accessibilité.

Les vidéos et les informations recueillies par les échanges avec les agriculteurs ont permis de lister une première série de besoins pour les agriculteurs par rapport à leur matériel de pulvérisation. Cette analyse s'est effectuée sur la fréquence des contacts cutanés entre les agriculteurs et le matériel. Un organe du pulvérisateur peut être fréquemment manipulé, avec de nombreux contacts alors qu'un autre aura moins de contact mais les agriculteurs seront en contact continu avec ce composant.

CONCLUSION

Certains composants du pulvérisateur sont davantage utilisés pendant l'activité, entraînant des contacts cutanés plus importants. De plus, ces mêmes composants ressortent pour les opérations les plus longues.

Ainsi, il est possible de hiérarchiser en fonction du temps d'activité mais aussi du nombre de contacts enregistrés, les composants les plus exposés.

Ceci pourrait permettre de cibler en priorité certains besoins même si dans l'idéal l'ensemble des données est à prendre en compte pour réduire efficacement les contacts. Marsot (2002) précise notamment qu'une des étapes de l'analyse fonctionnelle est de hiérarchiser ces fonctions.

Cependant, les éléments impliqués dans l'activité de pulvérisation ne sont pas forcément des composants du pulvérisateur en lui-même mais aussi des éléments extérieurs comme les emballages de produit et le tuyau d'eau claire. Il est essentiel de les prendre en compte puisqu'ils sont majoritairement utilisés et interagissent avec le pulvérisateur pendant son utilisation.

L'analyse de l'activité fait ressortir certains besoins des agriculteurs comme l'accessibilité des composants du pulvérisateur, leur visibilité et leur proximité les uns par rapport aux autres. L'intégration de ces données dans la conception de ce matériel demande d'impliquer d'autres acteurs et notamment les constructeurs de ces machines. L'interdisciplinarité et la communication sont deux conditions nécessaires pour favoriser l'intégration de l'ergonomie à la conception (Marsot 2002). L'analyse du travail des concepteurs contribue au développement de cet axe de recherche interdisciplinaire (Béguin, 2003). Ainsi, la compréhension du processus de conception des pulvérisateurs, les objectifs et les contraintes des constructeurs doivent être analysés.

Ceci est nécessaire pour trouver un compromis sur ce qui est possible d'incorporer au futur cahier des charges pour réduire l'exposition des agriculteurs. De même, les contacts n'étant pas les mêmes en fonction du type de pulvérisateur, il serait intéressant de comparer cette différence d'exposition et ajuster le(s) cahier(s) des charges en conséquence.

REMERCIEMENTS

La réalisation du projet a été possible grâce à la contribution de nombreuses personnes. Nous remercions en particulier les viticulteurs pour leur disponibilité et les moniteurs de terrain.

BIBLIOGRAPHIE

- Baldi I, Lebaillly P, Jean S, Rougelet L, Dulaurent S, & Marquet P (2006) Pesticide contamination of workers in vineyards in France. *Journal Of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, 16, 115-124
- Béguin P, & Cerf M (2003) Formes et enjeux de l'analyse de l'activité pour la conception des systèmes de travail. *@ctivités*, 1(1), 54-71.
- Béguin P (2007) Prendre en compte l'activité de travail pour concevoir. *@ctivités*, 4(2), 107-114.
- Lacroix D, Garrigou A, Maline J, Hamon K (2011) Les apports à la prévention d'une approche multicritères et pluridisciplinaires d'exposition aux pesticides, 46^{ème} Congrès de la SELF, Paris, 277-281
- Lambert M, Richardson J, Grimbuhler S (2012) Pesticide exposure and sprayer's task goals: comparison between vineyards and greenhouses. *Work*, 41, 4995-5002
- Lebaillly P, Bouchart V, Baldi I, Lecluse Y, Heutte N, Gislard A, Malas J.P (2009) Exposure to pesticides in open field farming in France, *The Annals of Occupational Hygiene* 53, 69-81
- Leplat J (2002). De l'étude de cas à l'analyse de l'activité. *Pistes*, 4 (2), 1-31
<http://www.pistes.uqam.ca/v4n2/articles/v4n2a8.htm>
- Lesmes-Fabian C, Glenda G, Leuenberger F, Nuyttens D, Blinder C (2012) Dermal exposure assessment of pesticide use : the case of sprayers in potato farms in the colombian highlands, *Science of The Total Environment* 430, 202–208
- Marsot J (2002) Conception et Ergonomie: Méthodes et Outils pour intégrer l'ergonomie dans le cycle de conception des outils à mains. Note scientifique et technique N°219, INRS, 69p
- Ramwell CT, Johnson PD, Boxall AB, et al. (2004) Pesticide residues on the external surfaces of field crop sprayers : Environmental impact. *Pest Manag Sci*, 60, 795-802
- Ramwell CT, Johnson PD, Boxall AB, Rimmer DA (2005) Pesticide residues on the external surfaces of field crop sprayers: occupational exposure; *Ann Occup Hyg*, 49(4), 345-50
- Wicke H, Bäcker G, Friebleben R (1999) Comparison of spray operator exposure during orchard spraying with hand-held equipment fitted with standard and air injector nozzles, *Crop Protection*, 18, 509-51