



**HAL**  
open science

# Concevoir des pulvérisateurs pour réduire l'exposition aux pesticides chez les agriculteurs : intervention dans le vignoble

Lacroix Delphine, James Richardson, Sonia Grimbuhler

## ► To cite this version:

Lacroix Delphine, James Richardson, Sonia Grimbuhler. Concevoir des pulvérisateurs pour réduire l'exposition aux pesticides chez les agriculteurs : intervention dans le vignoble. 50ème congrès de la Société d'ergonomie en langue française (SELF), Aug 2013, Paris, France. hal-04473455

**HAL Id: hal-04473455**

**<https://hal.science/hal-04473455>**

Submitted on 22 Feb 2024

**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.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License



*Texte original\*.*

# Concevoir des pulvérisateurs pour réduire l'exposition aux pesticides chez les agriculteurs : intervention dans le vignoble

**Delphine LACROIX<sup>1</sup>, James RICHARDSON<sup>1,2</sup> et Sonia GRIMBUHLER<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Irstea, 1 rue Pierre-Gilles de Gennes, CS 10030, 92761 Antony Cedex, France - Unité de Recherche

"Technologies pour la sécurité et les performances des agroéquipements"

<sup>2</sup> Master d'ergonomie, Bâtiment 452, Université Paris Sud XI, 91405 Orsay, France

[delphine.lacroix@irstea.fr](mailto:delphine.lacroix@irstea.fr) ; [sonia.grimbuhler@irstea.fr](mailto: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

## 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.

Key words: exposure risk, activity, requirements, equipment design

---

\*Ce texte original a été produit dans le cadre du congrès de la Société d'Ergonomie de Langue Française qui s'est tenu à Paris du 28 au 30 août 2013. Il est permis d'en faire une copie papier ou digitale pour un usage pédagogique ou universitaire, en citant la source exacte du document, qui est la suivante :

Concevoir des pulvérisateurs pour réduire l'exposition aux pesticides chez les agriculteurs : intervention dans le vignoble bordelais

---

Aucun usage commercial ne peut en être fait sans l'accord des éditeurs ou archiveurs électroniques. Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page.

## INTRODUCTION

La population agricole représente entre 10 à 15% de la population française (étude AGRICAN 2011). Avec une production de 65 milliards d'euros, la France est le 1<sup>er</sup> producteur agricole de l'Union Européenne (Alim'agri, 2012). Ces chiffres reflètent les besoins de tenir des objectifs importants de production pour nourrir la population. Ainsi, le recours à certains traitements chimiques est nécessaire pour assurer le bon développement des cultures avec le moins de maladies possibles. Les produits phytopharmaceutiques sont pulvérisés sur les cultures par des machines agricoles appelées pulvérisateurs. Ces machines assurent la pulvérisation sur la végétation.

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 proportion 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. Il précise que les gouttelettes de produit de plus grande taille diminuent le phénomène de dérive lors des traitements. 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 afin de réduire l'exposition au produit chez les agriculteurs pendant leur utilisation, tout en optimisant l'efficacité des opérations liées à la manipulation de pesticides.

## PRESENTATION DU PROJET

Plusieurs acteurs participent à ce projet, à savoir des agriculteurs et l'organisme demandeur : l'Irstea (Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture). Les agriculteurs sont des utilisateurs de pulvérisateur et sont volontaires pour faire fonctionner leur matériel en condition réelle et pour donner un retour sur celui-ci.

Les objectifs d'Irstea sont de caractériser l'exposition au produit chez les agriculteurs et d'identifier l'utilisation faite de ces machines de manière à réduire leur exposition tout en garantissant l'efficacité de leur matériel.

### Apport de l'ergonomie

L'Association Internationale d'Ergonomie (IEA) décrit l'ergonomie notamment comme une profession qui applique principes théoriques, données et méthodes en vue d'optimiser le bien-être des personnes et la performance globale des systèmes. Cette définition souligne l'aspect santé et sécurité à prendre en compte pour les travailleurs mais aussi l'efficacité dans le travail, rapport entre les moyens utilisés et les résultats obtenus. Ainsi, ce projet s'intéresse en particulier à réduire l'exposition des agriculteurs aux produits phytopharmaceutiques pendant leur activité mais aussi à optimiser leur productivité en fournissant les moyens adéquats notamment en termes de matériel de pulvérisation.

Plusieurs caractéristiques définissent la démarche ergonomique à savoir la mobilisation des différents acteurs impliqués dans le projet. La démarche participative est une question centrale en ergonomie, car elle concerne la nature des liens que les ergonomes vont tisser, dans le cours de leur intervention, avec (et entre) les concepteurs et les utilisateurs des dispositifs de travail qu'ils contribuent à concevoir (Dugué et al, 2010). Ce point est fondamental car les modifications futures possibles sur les pulvérisateurs seront prises en compte si et seulement si les personnes concernées par le projet sont impliquées et y voient un intérêt pour leur propre pratique. Les échanges entre ces personnes doivent être un processus dynamique alimenté tout au long du projet.

De plus, l'ergonomie adopte une vision systémique c'est-à-dire qu'elle prend en compte toutes les dimensions qui peuvent intervenir dans le travail et être source de la problématique étudiée. Par conséquent, ici ce projet est centré sur le matériel de pulvérisation, cependant il est important de visualiser le contexte dans lequel celui-ci évolue.

En effet, l'agriculteur utilise son pulvérisateur en manipulant des emballages de produit. Ce travail tient compte des caractéristiques personnelles de l'agriculteur (formation, expérience, âge, statut, etc), sur une exploitation où des règles d'organisation du travail et un aménagement des locaux sont définies, dans un environnement varié (type de végétation, conditions météorologiques, etc). Ces facteurs interagissent dans l'activité, l'influence et par conséquent modifie l'exposition au produit. Ce projet est centré sur le pulvérisateur mais s'inscrit dans un contexte plurifactoriel qu'il est nécessaire d'exploiter dans sa globalité pour appréhender l'exposition.

Un des outils pour l'ergonome est l'analyse de l'activité afin d'identifier les différentes opérations réalisées avec le pulvérisateur et de caractériser les différentes interactions entre les éléments de l'activité et les modes opératoires.

Béguin (2007) assimile l'activité à la définition d'une unité d'analyse pour appréhender les pratiques professionnelles. Des composantes ou sous-systèmes (physiologique, biomécanique, psychologique, etc) permettent de définir comment les humains travaillent. Il ajoute que l'analyse de l'activité des opérateurs vise à être utilisée pour la conception des systèmes techniques et des organisations futurs (2003).

Ainsi, l'objectif de ce projet est de caractériser l'exposition aux produits chez les agriculteurs lors de la manipulation du pulvérisateur. Cette démarche vise à terme à alimenter la conception de ces machines par des éléments du terrain pour réduire l'exposition des utilisateurs, optimiser l'efficacité du matériel tout en prenant en compte les contraintes des constructeurs lors de la réalisation des pulvérisateurs.

En effet, comme le rappel de Montmollin (1981) repris par Falzon en 2005, l'ergonome a toute sa place dans les processus de conception car il participe à l'organisation du travail, à la spécification et l'évaluation des moyens du travail, à la définition des tâches et des formations. Il fournit aux concepteurs des savoirs sur l'homme, ses capacités, ses limites de façon à concevoir des systèmes adaptés.

## **DU PULVERISATEUR A L'EXPOSITION AU PRODUIT**

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 pesticides sont utilisés. En fonction des organismes à détruire, il existe des insecticides, des herbicides, des fongicides, etc.

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 le 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. Pour la pulvérisation, les pulvérisateurs se distinguent en jet projeté, porté et pneumatique.

Les pulvérisateurs à jet projeté sont caractérisés par une accélération du liquide et sont souvent utilisés en grande culture avec des rampes horizontales, où la distance avec la cible est faible.

Les pulvérisateurs à jet porté se différencient des précédents car le liquide est transporté vers la cible par un flux d'air. Ils sont utilisés de manière prédominante en arboriculture mais peuvent l'être en viticulture.

Enfin, les pulvérisateurs à jet pneumatique se caractérisent par une fragmentation du liquide par un flux d'air ainsi qu'un transport des gouttes par l'air également. Ils sont utilisés principalement en viticulture et en arboriculture.

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. (Figure 1)



*aroute)*

L'utilisation du pulvérisateur est composée par plusieurs phases de travail. 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). Les produits se présentent sous forme d'emballages tels que des bidons, des cartons, des sacs ou encore des sachets hydrosolubles.

Cette phase est suivie du traitement (pulvérisation de la bouillie sur la végétation par les buses, elles-mêmes situées sur les rampes qui sont reliées à la cuve principale du pulvérisateur). A cette étape, l'agriculteur est dans la cabine du tracteur qui tracte le pulvérisateur. 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 de produit 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 dont nous allons nous intéresser plus particulièrement. Certains travaux ont mis en évidence qu'il y a une hétérogénéité de l'exposition au produit selon les phases de travail, les zones corporelles et 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.

## **METHODOLOGIE ADOPTÉE**

Plusieurs hypothèses ont été émises quant aux déterminants liés au pulvérisateur entraînant une exposition au produit 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 pendant l'activité à développer 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. L'intérêt de cette démarche est d'utiliser pour chaque situation rencontrée à un moment donné : des observations, des entretiens et une analyse de l'activité de manière à croiser les données recueillies dans chaque exploitation. La finalité de ces études de cas à pour but d'identifier la survenue des contacts cutanés dans chaque exploitation mais aussi de proposer des améliorations sur le matériel utilisé pour réduire cette exposition. Ceci de manière individuelle dans un premier temps puis de manière générale. 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. Cette perspective est celle de la recherche, orientée vers la constitution ou l'enrichissement d'un corps de connaissances transmissibles et utiles pour l'étude d'autres cas.

Le choix des observations s'est porté sur des exploitations viticoles en Gironde de grandes et petites tailles. En effet, la vigne a un Indicateur de Fréquence de Traitement important et enregistre des dépenses phytopharmaceutiques de 14,4% pour seulement 3,3% de la Surface Agricole Utile (INRA, 2010). De plus, l'Aquitaine occupe le premier rang des régions françaises pour les vins d'appellation et la Gironde est le département où la surface en production de vin est la plus importante (DRAAF Aquitaine, 2011). Au total, 21 exploitations ont été visitées dont 65 phases de travail filmées allant de la préparation au lavage.

Au niveau des types de pulvérisateurs, 16 pulvérisateurs trainés et 6 portés ont été observés, ce qui correspond en termes de pulvérisation à 19 pneumatiques et 3 jets portés avec des 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 (composant du pulvérisateur et élément extérieur) et les caractéristiques de l'activité (opérations réalisées, postures, déplacements).

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 des 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.

## PREMIERS RESULTATS

Les premiers résultats sont issus de sept exploitations différentes. Ils présentent les contacts observés pendant l'utilisation du pulvérisateur et une analyse de l'activité des agriculteurs. Sur les sept pulvérisateurs, il y a trois constructeurs différents. Six pulvérisateurs sont de type trainé, le dernier est un porté ou enjambeur. Au niveau de la pulvérisation, quatre sont des pneumatiques face par face, deux des pneumatiques voûte et un seul est un aéro à voûte droite. Les pulvérisateurs pneumatiques sont prédominants par rapport au jet porté (aéro) dans le bordelais (Agreste 2006). La capacité des cuves principales varie entre 600L et 1800L.

Les contenants de produit utilisés sont des bidons, des cartons, des sacs, des sachets hydrosolubles et un seau. La durée de préparation ainsi que celle du rinçage est plus importante pour le pulvérisateur enjambeur (respectivement 28 min et 43 min). Pour les pulvérisateurs trainés, les durées de préparation oscillent entre 5 et 23 min, le rinçage entre 4 min et 15 min quand il est effectué. Sur les sept pulvérisateurs, il y en a quatre où une préparation est réalisée et deux où il y a trois préparations. Le rinçage est effectué sur cinq pulvérisateurs. Un lavage extérieur du pulvérisateur est effectué sur 2 exploitations avec un temps variant entre 15 et 26 min.

### Analyse de l'activité en fonction des opérations réalisées

L'analyse d'activité montre qu'il y a certaines opérations qui 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 en préparation. Quatre agriculteurs sur sept ont besoin de nettoyer des éléments notamment le tuyau d'eau qui est recouvert de produit, les buses qui vont servir en traitement ou encore le manomètre ou la jauge pour améliorer la visibilité. De même, des opérations de vérifications sont entreprises pendant la préparation. Celles-ci concernent trois exploitations sur sept où 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 mise en œuvre, 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 opérations 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 cutané

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 sur les sept exploitations.

Les contacts avec la **cuve principale** sont liés à son accessibilité qui demande aux agriculteurs pour l'atteindre de prendre appui avec les mains, 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 où 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** sur six pulvérisateurs. 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 lui-même manipuler une partie comme 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 et nécessite plusieurs allers-retours pour l'agriculteur et d'alterner des positions en flexion et en extension.

Quatre pulvérisateurs sur sept dénombrent en préparation des contacts plus nombreux en phase **d'incorporation des produits et du rinçage des contenants de produit**. Sur les cinq rinçages effectués, quatre d'entre eux comptabilisent des contacts plus nombreux lors du **rinçage de la cuve principale**.

### Interactions fonctionnelles entre les composants du pulvérisateur

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 sur ces sept pulvérisateurs a permis de définir les éléments utilisés pendant chaque opération. Plusieurs composants interviennent dans plusieurs opérations.

Le schéma ci-dessous (Figure 3) 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.

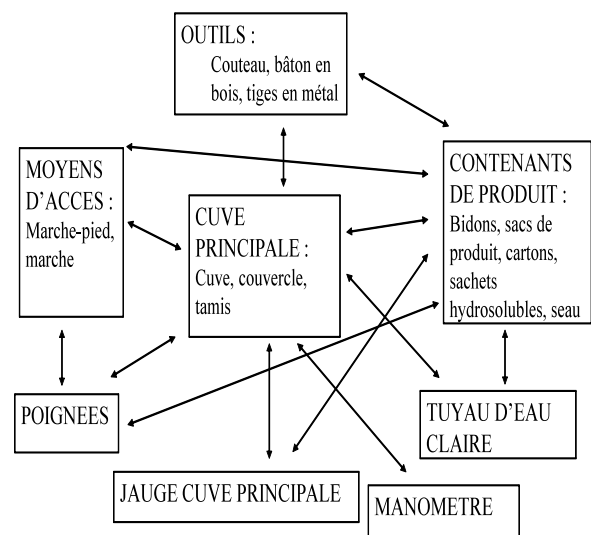


Figure 3 : Interactions fonctionnelles entre les composants lors de l'Incorporation des produits et Rinçage des contenants

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.

### Besoins des utilisateurs vis-à-vis du pulvérisateur

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 (Figure 4) 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.

Fonctions primaires identifiées sur le pulvérisateur	Fonctions secondaires
<b>Contenir la bouillie dans un réceptacle</b> : ex : Cuve principale	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rendre accessible le réceptacle par des moyens- d'accès si nécessaire</li> <li>Rendre visible l'intérieur du réceptacle</li> <li>Doter d'un système de remplissage en eau claire</li> <li>Doter d'un système de rinçage efficace</li> <li>Accrocher le couvercle du réceptacle</li> <li>Rendre accessible le couvercle et faciliter son ouverture et sa fermeture</li> <li>Stocker le tamis facilement et faciliter son nettoyage</li> <li>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</li> </ul>
<b>Rincer les contenants de produit</b> : ex : Tuyau d'eau claire, rince-bidon	<ul style="list-style-type: none"> <li>Doter d'un système de rinçage efficace des contenants de produits</li> <li>Doter d'un système d'ouverture et de fermeture du circuit d'eau claire au niveau du rinçage des contenants</li> <li>Compléter le système de rinçage par un élément de maintien aux autres éléments du pulvérisateur</li> <li>Faciliter sa maniabilité et son accessibilité à n'importe quel endroit du pulvérisateur</li> </ul>
<b>Faciliter l'incorporation des produits dans le réceptacle</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Faciliter l'ouverture, le transport et le rinçage des contenants de produits</li> <li>Rendre accessible le réceptacle de bouillie par des moyens- d'accès si nécessaire</li> <li>Faciliter la dissolution des produits si possible et doter le pulvérisateur d'un mélangeur efficace de bouillie</li> </ul>
<b>Rendre utilisable les moyens-d'accès</b> : ex : marche-pied, marche, poignées	<ul style="list-style-type: none"> <li>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)</li> <li>Positionner les moyens-d'accès dans l'axe des composants dont l'accessibilité doit être améliorée</li> </ul>
<b>Afficher le niveau de remplissage dans le réceptacle de bouillie et la pression dans le circuit</b> : ex : Jauge graduée et Manomètre à aiguille	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rendre visible le niveau de remplissage et la pression de manière à ce qu'ils soient visibles de n'importe quel endroit du pulvérisateur</li> <li>Rendre fiable ces éléments et résistants aux utilisations</li> <li>Doter d'une maintenance facile</li> </ul>

Figure 4 : Exemples des fonctions primaires pour un pulvérisateur en lien avec les fonctions secondaires pour l'opération d'incorporation des produits et rinçage des contenants.



## 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 plusieurs personnes. Nous remercions en particulier les viticulteurs pour leur disponibilité, Alexandre NAVARRO pour son aide précieuse sur l'analyse des contacts cutanés, Mandy LAMBERT pour la réalisation des chroniques d'activité et l'équipe d'IRSTEA ayant participé aux observations sur le terrain.

## BIBLIOGRAPHIE

Agreste (2009) Pratiques culturales viticulture en 2006, Agreste Série Agriculture n° 204, 28p

- Alim'agri (2012) Les chiffres de l'agriculture, de l'agroalimentaire, et de la forêt. La production agricole dans l'Union européenne, Alim'agri Chiffres clés 2012 hors-série n°26, 6-8
- Baldi I, Lebailly 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.
- Butault J.P, Dedryver C.A, Gary C, Guichard L, Jacquet F, Meynard J.M, Nicot P, Pitrat M, Reau R, Sauphanor B, Savini I, Volay T (2010) Ecophyto R&D. Quelles voies pour réduire l'usage des pesticides ? Synthèse du rapport d'étude, INRA Editeur (France), 92p
- Cedra C, Gauthier D (1997) Les matériels de fertilisation et de traitement des cultures, technologies de l'agriculture, Cachan : Lavoisier, Volume 4/5, 342p
- Chambre d'agriculture, Cémagref, Institut Français Vigne et Vin, Bien choisir et entretenir son pulvérisateur, (2008)  
[http://www.tixad.eu/tl\\_files/tixad\\_controle\\_pulverisation/files/Plaqueette\\_Bien\\_choisir\\_et\\_entretenir\\_son\\_pulverisateur.pdf](http://www.tixad.eu/tl_files/tixad_controle_pulverisation/files/Plaqueette_Bien_choisir_et_entretenir_son_pulverisateur.pdf)
- Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture, et de la Forêt d'Aquitaine, La vigne en 2011  
<http://draaf.aquitaine.agriculture.gouv.fr/La-vigne-en-2011>
- Dugué B, Johann P, Daniellou F (2010) L'intervention ergonomique comme acte pédagogique, *Pistes*, 12 (3), 1-22  
<http://www.pistes.uqam.ca/v12n3/articles/v12n3a2.htm>
- Enquête AGRICAN (Agriculture et Cancer) Premiers résultats (2011), 20p  
[www.inma.fr/files/file/phytos/01\\_AGRICAN\\_Résultats\\_Juin2011.pdf](http://www.inma.fr/files/file/phytos/01_AGRICAN_Résultats_Juin2011.pdf)
- 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
- Falzon P (2005) Ergonomie, conception et développement. Conférence introductive, 40<sup>ème</sup> Congrès de la SELF, Saint-Denis, La Réunion, 2-7
- 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<sup>ème</sup> Congrès de la SELF, Paris, 277-281
- Lambert M, Richardson J, Grimhuhler S (2012) Pesticide exposure and sprayer's task goals: comparison between vineyards and greenhouses. *Work*, 41, 4995-5002
- Lebailly 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
- MatéVi Base de données des matériels viti-vinicoles  
<http://www.matevi-france.com/viticulture/94-pulverisation-foliaire.html>
- Montmollin M de (1981) Le taylorisme à visage humain. Paris : PUF, 168p
- 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