



HAL
open science

Apport des approches instrumentale et ergotoxicologique pour la conception : le cas du matériel de pulvérisation des pesticides en viticulture

Marion Albert, Nathalie Judon, Viviane Folcher, Gaëtan Bourmaud, Valérie
Pueyo, Jean Larbaigt, Alain Garrigou

► To cite this version:

Marion Albert, Nathalie Judon, Viviane Folcher, Gaëtan Bourmaud, Valérie Pueyo, et al.. Apport des approches instrumentale et ergotoxicologique pour la conception : le cas du matériel de pulvérisation des pesticides en viticulture. *Le travail humain*, 2021, Vol.84 (3), pp.197 - 232. 10.3917/th.843.0197 . hal-04081688

HAL Id: hal-04081688

<https://hal.univ-lyon2.fr/hal-04081688>

Submitted on 7 May 2023

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.



APPORT DES APPROCHES INSTRUMENTALE ET ERGOTOXICOLOGIQUE POUR LA CONCEPTION : LE CAS DU MATÉRIEL DE PULVÉRISATION DES PESTICIDES EN VITICULTURE

[Marion Albert](#), [Nathalie Judon](#), [Viviane Folcher](#), [Gaëtan Bourmaud](#), [Valérie Pueyo](#),
[Jean Larbaigt](#), [Alain Garrigou](#)

Presses Universitaires de France | « [Le travail humain](#) »

2021/3 Vol. 84 | pages 197 à 232

ISSN 0041-1868

ISBN 9782130828167

DOI 10.3917/th.843.0197

Article disponible en ligne à l'adresse :

<https://www.cairn.info/revue-le-travail-humain-2021-3-page-197.htm>

Distribution électronique Cairn.info pour Presses Universitaires de France.

© Presses Universitaires de France. Tous droits réservés pour tous pays.

La reproduction ou représentation de cet article, notamment par photocopie, n'est autorisée que dans les limites des conditions générales d'utilisation du site ou, le cas échéant, des conditions générales de la licence souscrite par votre établissement. Toute autre reproduction ou représentation, en tout ou partie, sous quelque forme et de quelque manière que ce soit, est interdite sauf accord préalable et écrit de l'éditeur, en dehors des cas prévus par la législation en vigueur en France. Il est précisé que son stockage dans une base de données est également interdit.

THÉORIES ET MÉTHODOLOGIES
THEORIES AND METHODOLOGIES

APPORT DES APPROCHES INSTRUMENTALE ET
ERGOTOXICOLOGIQUE POUR LA CONCEPTION :
LE CAS DU MATÉRIEL DE PULVÉRISATION DES
PESTICIDES EN VITICULTURE

CONTRIBUTION OF THE INSTRUMENTAL AND
ERGOTOXICOLOGICAL APPROACHES FOR
DESIGN: THE CASE OF SPRAYING PESTICIDES
EQUIPMENT IN VITICULTURE

PAR/BY MARION ALBERT¹, NATHALIE JUDON²,
VIVIANE FOLCHER³, GAËTAN BOURMAUD⁴, VALÉRIE PUEYO⁵,
JEAN LARBAIGT⁶ & ALAIN GARRIGOU⁷

RÉSUMÉ

Cet article vise à développer une approche critique de la conception et des usages des pulvérisateurs en viticulture. Cette approche a pour ambition de souligner l'intérêt de lier les approches instrumentale et ergotoxicologique pour la conception de ce matériel. L'analyse de l'activité effectuée au sein de deux exploitations viticoles a mis en évidence un nombre important de difficultés d'usage et de variabilités rencontrées lors de l'utilisation de pulvérisateurs qui peuvent entraîner des situations d'exposition aux pesticides. Afin de rendre compte de l'inventivité des viticulteurs, cette analyse a également porté l'attention sur les genèses instrumentales présentes dans l'activité. Et c'est au regard de ces résultats que ce travail nous permet de mettre en évidence l'enjeu de coupler les approches instrumentale et ergotoxicologique pour viser un développement des démarches de prévention.

Mots-clés : viticulture, expositions aux pesticides, pulvérisateur, ergotoxicologie, genèses instrumentales.

1. Université de Bordeaux, INSERM, Bordeaux Population Health Research Center, Équipe EPICENE, 15 rue Naudet, CS10207, 33175 Gradignan Cedex, France – marion.albert@u-bordeaux.fr (auteur correspondant)

2. INRS, Département Homme au Travail, 1 rue du Morvan, 54519 Vandoeuvre Cedex, France – nathalie.judon@inrs.fr

3. Université Paris 8, CITU Paragraphe, ComUE Paris Lumières, 2 rue de la Liberté, 93526 Saint Denis Cedex, France – viviane.folcher@univ-paris8.fr

4. Université Paris 8, 3CU Paragraphe, ComUE Paris Lumières, 2 rue de la Liberté, 93526 Saint Denis Cedex, France – gaetan.bourmaud@univ-paris8.fr

5. Université Lyon 2, Institut d'Études du Travail de Lyon, EVS UMR 56000, 18 quai Claude Bernard, 69365 Lyon Cedex 07, France – valerie.pueyo@univ-lyon2.fr

6. Université de Toulouse Jean Jaurès, Laboratoire CLLEUMR5263, Maison de la Recherche, 5 allée Antonio Machado, 31058 Toulouse cedex 9 – jean.larbaigt@gmail.com

7. Université de Bordeaux, INSERM, Bordeaux Population Health Research Center, Équipe EPICENE, 15 rue Naudet, CS10207, 33175 Gradignan Cedex, France – alain.garrigou@u-bordeaux.fr

SUMMARY

Given the complexity of agricultural work, farmers are still exposed to pesticide despite preventive measures. Many determinants of work situations are involved in the emergence of these pesticide exposure situations. One of the determinants of these exposure situations is the agricultural equipment, which role is to spray pesticides. In view of these observations, the purpose of this article is to set up a critical approach on the design and uses of spraying equipment in viticulture with regard to the resulting pesticide exposure situations. The aim of this approach was to highlight the relevance of linking the instrumental and ergotoxicological approaches in the design of spraying equipment. The methodology used consisted in observations, interviews and exposure measurements in two wineries. This methodology is inspired by methods commonly used in ergotoxicology and integrates elements of questionings issued from the instrumental approach. The activity analysis highlighted an important number of uses issues and variabilities met during sprayer using and which cause situations of pesticide exposure. These results suggest that there is a lack of consideration for farmers' real needs in the design process. The design pitfalls observed can lead to pesticide exposure situations and profoundly disrupt the activity of winegrowers in the management of the vineyard. The fact that different players take care of the design and that winegrowers have nearly no contact with designers can explain the existence of design flaws, even for new and top-of-the-line equipment. Moreover, in order to account for the inventiveness and creativeness of the users of sprayers, the activity analysis also focused on the instrumental geneses present in the activity, i.e., the evolutions linked to the artefact and those linked to the scheme. However, given the pitfalls in the design and the compromises made by winegrowers, these instrumental geneses can lead to the genesis of risk through the emergence of pesticide exposure situations. And it is in the light of all these results that this work allows us to highlight the relevance of coupling the instrumental and ergotoxicological approaches to aim for the development of prevention approaches.

Keywords: *viticulture, pesticide exposures, sprayer, ergotoxicologic, instrumental geneses.*

I. INTRODUCTION

Cet article repose sur un travail de recherche exploratoire mené au sein de deux exploitations viticoles. Il a pour objectif de développer une approche critique de la conception et des usages du matériel de pulvérisation au regard des situations d'exposition aux pesticides qui en résultent. Cette approche critique a pour ambition de souligner l'intérêt d'intégrer l'approche instrumentale à l'ergotoxicologie pour la conception de ce matériel.

L'orientation de ce travail est née d'un double constat. Le premier constat fait référence à la littérature qui a déjà montré que le matériel agricole se révèle être un des déterminants des situations d'exposition aux

pesticides (Lacroix *et al.*, 2013 ; Laurent *et al.*, 2016), et que les besoins des agriculteurs sont insuffisamment pris en compte par les concepteurs de matériels agricoles (Garrigou *et al.*, 2008). Le second constat renvoie à l'importance que les viticulteurs accordent à leurs matériels agricoles. Cette importance se traduit au regard des problèmes qu'ils rencontrent lors de leur utilisation, des fonctions qu'ils en attendent et des modifications qu'ils y apportent. Ces deux constats mis en perspective permettent d'avancer que la conception du matériel agricole ne permet pas toujours de répondre aux besoins réels des utilisateurs dans leur activité de travail ce qui entraîne des situations d'exposition aux pesticides. Ces insuffisances de conception amènent également les utilisateurs – lorsque c'est possible – à s'adapter, et aussi à modifier leur matériel de façon à convenir à l'utilisation qu'ils en font.

Cet article est structuré selon sept parties présentant successivement :

- Le problème au sein duquel vient s'inscrire le travail de recherche ;
- Le cadrage théorique auquel nous nous référons pour rendre compte de l'intérêt et de l'apport de l'ergonomie dans les processus de conception à travers l'ergotoxicologie et l'approche instrumentale ;
- La problématique de recherche au regard de l'orientation donnée au travail et des hypothèses de recherche qui s'ensuivent ;
- La méthodologie mise en œuvre ;
- Les résultats obtenus décrits en réponse aux hypothèses préalablement posées ;
- Et, avant de conclure, la discussion de ces résultats.

II. POSITION DU PROBLÈME

II.1. LA COMPLEXITÉ DU TRAVAIL AGRICOLE

Cerf et Sagory (2004) envisagent l'activité agricole comme « un métier aux multiples compétences ». Il est fréquent, au sein d'une exploitation agricole, qu'une même personne soit en mesure d'exercer une diversité de tâches et de fonctions ce qui requiert la détention de nombreuses compétences. Ces mêmes auteurs insistent sur le caractère ambivalent du positionnement de l'agriculteur au sein de son exploitation. En effet, il peut être à la fois prescripteur et exécutant du travail. Cela lui demande d'être en mesure d'organiser et de concevoir ses propres situations de travail et de répondre à la variabilité de ces différentes situations au risque de porter atteinte à sa propre santé. Ce phénomène met également en évidence la recherche quotidienne de compromis que sont amenés à réaliser les agriculteurs au cours de leur activité. Nous pouvons donner comme exemple le fait de privilégier la réalisation d'un traitement – fortement tributaire des conditions météorologiques – au détriment de la réalisation de tâches administratives pourtant considérées comme urgentes. Cette recherche de compromis s'explique au vu des nombreux enjeux liés à la conduite d'une exploitation (économiques, techniques, productifs,

environnementaux, etc.), de l'interdépendance des nombreuses tâches à effectuer et de la diversité des processus biologiques et physiques à gérer (Cerf, 1996 ; Cerf & Sagory, 2004). La gestion de ces différents processus se révèle être pour Jourdan (1990) « une activité intellectuelle complexe ». Ainsi, la complexité du travail agricole se traduit principalement par cette réalisation de compromis où le caractère décisionnel de ceux-ci est source de conséquences – visibles à plus ou moins long terme – que l'agriculteur doit être en capacité d'intégrer (Cerf & Sagory, 2004).

La complexité du travail agricole est également mise en visibilité par l'évolution et la modernisation permanente des techniques qui nécessitent une constante adaptation de la part des agriculteurs (Jourdan, 1990). Pour la plupart, ces évolutions sont d'autant plus problématiques qu'elles ne semblent que très peu en adéquation avec l'utilisation quotidienne qu'il en est fait dans l'activité de travail, où les contraintes rencontrées et les besoins ne semblent que très peu intégrés par les concepteurs (Béguin & Pueyo, 2011 ; Garrigou *et al.*, 2008).

Enfin, il convient de souligner que cette complexité doit en partie être mise en évidence au vu des nombreuses situations d'exposition aux pesticides qui existent dans la réalisation de cette activité, et ce malgré les mesures de sécurité prescrites (Garrigou *et al.*, 2004 ; Mohammed-Brahim & Garrigou, 2009).

II.2. LES SITUATIONS D'EXPOSITION AUX PESTICIDES DANS LE TRAVAIL AGRICOLE

De nombreuses études ont été menées sur les conditions d'exposition aux pesticides en agriculture et sur les effets sur la santé liés à l'utilisation de ces produits. Mais, il est d'abord utile de revenir sur des éléments de définition pour une meilleure compréhension des notions d'exposition et de contamination. Un travailleur peut être exposé à une substance dangereuse présente dans les pesticides sans pour autant être contaminé et subir les dommages liés à cette substance (Lacroix *et al.*, 2011). Traditionnellement, l'exposition désigne le contact entre la personne et le contaminant à une concentration donnée pendant une période de temps donnée. Ces expositions sont de deux ordres ; on différencie les expositions directes et les expositions indirectes (*ibid.*). L'exposition directe représente le contact d'une personne avec le pesticide utilisé dans le cadre de l'activité de travail. L'exposition indirecte représente le contact d'une personne avec un objet, du matériel, des vêtements et/ou l'environnement sur lesquels il y a eu un dépôt de pesticides.

Les effets sur la santé des agriculteurs sont divers et se traduisent par l'apparition de cancers (Alavanja & Bonner, 2005), de maladies neurodégénératives (Baldi, Cantagrel, *et al.*, 2003 ; Baldi, Lebailly, *et al.*, 2003 ; Kamel & Hoppin, 2004), de troubles neurocomportementaux (Baldi *et al.*, 2001) et de troubles de la reproduction (Wigle *et al.*, 2008). Les études réalisées ont pu montrer que la nature des tâches, le type d'équipement de pulvérisation, les incidents rencontrés ou encore le type de vêtements portés jouaient un rôle déterminant dans les situations d'exposition

aux pesticides. Aussi, il a été mis en évidence que les mains, les avant-bras et les bras sont les parties du corps les plus exposées en phase de préparation, d'application, de réentrée⁸ et de récolte (Baldi *et al.*, 2006, 2014 ; Lebailly *et al.*, 2009 ; Lesmes-Fabian *et al.*, 2012).

Les expositions aux pesticides se révèlent au sein de situations de travail où les déterminants de l'activité sont complexes et varient d'une situation à l'autre, d'où l'intérêt et l'apport de l'ergotoxicologie qui considère ces expositions comme des « énigmes » à résoudre (Garrigou, 2011). Cette spécialité de l'ergonomie a permis de mettre en évidence le rôle majeur joué par le matériel agricole – du point de vue des déterminants techniques – dans les situations d'exposition aux pesticides.

II.3. LE MATÉRIEL AGRICOLE : ENTRE EXPOSITIONS ET INSUFFISANCES DE CONCEPTION

Le matériel agricole dédié aux pesticides se révèle être un des déterminants techniques des situations d'exposition à ces produits (Lacroix *et al.*, 2013 ; Laurent *et al.*, 2016). Ce type de matériel est appelé « pulvérisateur » et sa fonction vise à projeter des produits sous forme de fines gouttelettes sur les cultures. Les pulvérisateurs sont constitués d'un ensemble d'organes indispensables à leur bon fonctionnement qui reste sensiblement le même d'un pulvérisateur à l'autre (cuve principale, cuve de rinçage, rince-main, jauge, manomètre, pompe, filtres, buses, rampes, cabine, etc.) (voir Figure 1). Les technologies de pulvérisation peuvent cependant différer. Des organes tels que le manomètre ou les filtres sont difficilement identifiables sur cette figure, car ils sont trop petits et/ou disposés derrière d'autres organes.



Figure 1. Pulvérisateur porté de l'exploitation 1 avec les principaux organes annotés.
Figure 1. Mounted sprayer from farm 1 with the main annotated components.

8. Retour autorisé dans la parcelle après un traitement suivant le délai imposé par les fabricants de produits.

Les études menées sur l'utilisation des pulvérisateurs (Ramwell *et al.*, 2004, 2005) ont pu montrer qu'une quantité importante de pesticides se déposait sur les surfaces externes de ce matériel, entraînant des expositions lors de différentes phases d'activité telles que la préparation, l'application et le nettoyage. Ces expositions sont d'autant plus importantes dès lors que le nettoyage du pulvérisateur a été négligé (Lesmes-Fabian *et al.*, 2012 ; Ramwell *et al.*, 2005). D'autres études ont pu mettre en avant l'influence du type de matériel de pulvérisation utilisé sur les expositions aux pesticides (Baldi *et al.*, 2006 ; Lacroix *et al.*, 2013 ; Lebaillly *et al.*, 2009 ; Lesmes-Fabian *et al.*, 2012). Lacroix *et al.* (2013) ont aussi pu mettre en évidence que selon les organes du pulvérisateur et leurs accès, les expositions diffèrent. La survenue d'incidents est également un facteur non négligeable en ce qui concerne les situations d'exposition aux pesticides lors de l'utilisation du matériel agricole (Lebaillly *et al.*, 2009 ; Mohammed-Brahim, 1996). L'apparition de ces incidents aura tendance à être favorisée du fait qu'il est toujours difficile d'allouer du temps à la maintenance et à la réparation du matériel au sein d'une exploitation, d'autant plus que la formation initiale des agriculteurs n'inclut pas ce type de contenu (Mohammed-Brahim, 1996).

Même si le matériel agricole a considérablement évolué au cours de ces dernières années, et que cette évolution a permis d'améliorer l'efficacité du travail et de diminuer sa pénibilité, il n'y a cependant pas de réelle diminution des expositions aux pesticides lors de leur utilisation (Laurent *et al.*, 2016). Les contraintes des agriculteurs rencontrées au cours de leur activité, et leurs besoins réels sont insuffisamment pris en compte par les concepteurs (Garrigou *et al.*, 2008) ce qui peut conduire à une genèse du risque (Garrigou *et al.*, 2004 ; Garza & Fadier, 2004). En effet, pour Garrigou *et al.* (2012), les insuffisances de conception deviennent des entraves à la prévention. Il semblerait que les solutions proposées par les concepteurs de matériels agricoles soient principalement orientées vers la technique (Laurent *et al.*, 2016), ce qui relève d'une approche dite « technocentrée ». Cette approche, où la technique est première, tend souvent à s'orienter vers des solutions coûteuses (Béguin, 2004, 2007b ; Béguin & Cerf, 2004 ; Béguin & Rabardel, 2000 ; Mohammed-Brahim & Garrigou, 2009) où « l'homme occupe une position résiduelle » (Rabardel, 1995, p. 12).

L'approche technocentrée est aujourd'hui considérée comme dominante en conception alors que l'enjeu majeur réside dans son articulation avec une approche dite « anthropocentrée » (Béguin & Rabardel, 2000 ; Rabardel, 1995). Cette approche vise à positionner la personne de façon centrale ainsi que son activité dans le processus de conception en visant à terme le développement de situations de travail favorables à la santé, à la sécurité et à l'efficacité du travail (Rabardel, 1995).

III. ÉTAT DES LIEUX DES CONNAISSANCES MOBILISÉES

III.1. L'ERGOTOXICOLOGIE

Les connaissances liées aux conditions d'exposition aux produits chimiques et aux déterminants de l'activité sont produites par l'ergotoxicologie. L'ergotoxicologie a été développée par différents auteurs tels que Garrigou (2011), Mohammed-Brahim (1996), Mohammed-Brahim et Garrigou (2009) et Sznclwar (1992). Pour Garrigou (2011), l'ergotoxicologie est un des domaines de spécialisation de l'ergonomie dans laquelle elle est ancrée profondément. L'approche ergotoxicologique est définie comme étant « une pratique particulière de l'ergonomie qui vise à développer des modèles opérants (au sens de Wisner, 1972), des outils et des moyens de prévention efficaces pour gérer et prévenir les risques pour la santé des travailleurs exposés à des produits chimiques » (Garrigou, 2011, p. 25).

De par ses objectifs, elle est amenée à mobiliser des connaissances et des modèles issus de la toxicologie, de la médecine du travail, de la métrologie ou encore de la prévention. En effet, les conditions d'exposition des agriculteurs aux pesticides constituent une « énigme » qui se caractérise au regard d'une situation de travail (Garrigou *et al.*, 2004), ce qui justifie la mise en place d'une approche pluridisciplinaire afin de mieux les appréhender.

Dans une telle approche, il s'avère indispensable d'articuler des données objectives et subjectives qui rassemblent à la fois des connaissances scientifiques (expertes) et des connaissances locales (issues des situations de travail) (Galey *et al.*, 2019 ; Garrigou *et al.*, 2004, 2011, 2015 ; Judon *et al.*, 2015 ; Mohammed-Brahim *et al.*, 2003). Ces dernières sont issues de l'analyse ergonomique du travail qui permet de mettre en visibilité les variabilités, les modes dégradés, les incidents, les savoir-faire d'usage des systèmes techniques, etc. Cette analyse ergonomique du travail doit être parallèlement associée à une mesure de la contamination réelle et à des connaissances toxicologiques.

L'approche ergotoxicologique permet d'éviter un écueil important en ce qui concerne le modèle actuel de la démarche de prévention du risque lié aux produits chimiques, dit « modèle par écran », qui ne permet pas d'agir sur les déterminants des situations d'exposition (Mohammed-Brahim & Garrigou, 2009). En effet, ce modèle propose d'intercaler différentes barrières en matière de normes, de réglementations et de matériels. Ainsi, il précise que le fait d'intercaler ces barrières permet de faire face aux dangers. Cependant, la prise en compte de l'ensemble des déterminants de l'activité semble essentielle pour comprendre les conditions d'exposition des travailleurs et ainsi agir sur ces déterminants, qu'ils soient organisationnels, humains ou techniques (*ibid.*). Le travail de recherche mené et présenté au sein de cet article se focalise sur un déterminant technique : le matériel de pulvérisation des pesticides. Ce travail vise à outiller l'ergotoxicologie de méthodologies inspirées de l'approche

instrumentale pour agir en conception en intégrant l'inventivité et la créativité des travailleurs.

III.2. L'APPROCHE INSTRUMENTALE

En ergonomie, l'approche instrumentale a été développée et étudiée par divers auteurs tels que Béguin (2013), Béguin et Rabardel (2000), Bourmaud (2006, 2013), Folcher (2003), Folcher et Rabardel (2004) et Rabardel (1995, 2005). Cette approche considère les artefacts comme des « instruments » dès lors qu'ils sont utilisés dans l'action dans une situation donnée et qu'ils se révèlent être des médiateurs entre le sujet et l'objet de l'activité. Ces instruments appartiennent à des classes de situations qui possèdent un caractère invariant pour un même domaine d'activité professionnelle. Par exemple, dans le domaine de la viticulture, la préparation des produits, leur application sur les vignes et le nettoyage du pulvérisateur se révèlent être des classes de situations invariantes lors de la réalisation des traitements.

L'instrument résulte de l'association d'un artefact et de schèmes ; association réalisée par l'opérateur dans une situation donnée et qui poursuit un but particulier (Béguin, 2013 ; Béguin & Rabardel, 2000 ; Bourmaud, 2006, 2013 ; Rabardel, 1995, 2005). Selon Rabardel (1995), l'artefact est « matériel ou symbolique, produit par le sujet ou par d'autres » (p. 4) et les schèmes sont des « organisateurs de l'action, de l'utilisation, de la mise en œuvre, de l'usage de l'artefact » (pp. 93-94). Les schèmes relèvent de deux processus :

- Le processus d'**accommodation** : les schèmes se transforment selon la situation rencontrée.
- Le processus d'**assimilation** : les schèmes sont appliqués à différents artefacts. Par exemple, selon Béguin et Rabardel (2000), « le schème frapper, associé au marteau, peut être momentanément associé à une clé anglaise » (p. 46).

Béguin et Rabardel (2000) insistent sur l'importance de ces processus dans le cadre de l'introduction d'un nouvel artefact dans une situation de travail. De plus, ils soulignent que « les instruments ne sont pas uniquement des objets matériels fabriqués mais aussi des réalités psychologiques et sociales qui rendent compte de processus développementaux » (p. 1).

Cette approche développementale renvoie à l'idée même que l'activité possède deux types d'orientation : l'activité productive et l'activité constructive (Falzon, 2013 ; Folcher & Rabardel, 2004 ; Rabardel, 2005 ; Samurcay & Rabardel, 2004). La première annonce qu'un sujet est engagé dans des activités orientées vers la réalisation de tâches. Quant à l'activité constructive, elle renvoie au développement du sujet et des instruments pour une activité productive à venir ou en cours. Cette activité constructive consiste alors « en l'élaboration de l'instrument à partir de l'artefact par l'utilisateur au cours de l'activité » (Nijimbere, 2013, p. 2). C'est le processus de « genèse instrumentale » (Béguin & Rabardel,

2000 ; Bourmaud, 2006, 2013 ; Folcher & Rabardel, 2004 ; Rabardel, 1995, 2005). Ce processus se décline lui-même en deux processus :

- Le processus d'**instrumentalisation** : sélection et enrichissement des propriétés de l'artefact, poursuite de la conception initiale.
- Le processus d'**instrumentation** : émergence et évolution des schèmes d'utilisation.

Au sein des genèses instrumentales, il est important de distinguer les notions d'outils formels et informels (Bourmaud, 2006 ; Lefort, 1982 ; Rabardel, 1995). Les outils formels renvoient à une utilisation qui correspond à celle prévue par les concepteurs. Quant aux outils informels, ils renvoient à une utilisation non reconnue par les concepteurs ; c'est le concept de « catachrèse » définie par Béguin et Rabardel (2000) comme étant « un détournement de l'objet par rapport aux fonctions prévues par les concepteurs » (pp. 9-10). Ces catachrèses peuvent se révéler problématiques dans le sens où les usages réels ne seront pas en adéquation avec le processus technique tel qu'il a été conçu. Cependant, elles sont des indices de la contribution des utilisateurs à la conception, révélatrices de fonctions non anticipées par les concepteurs (Béguin & Rabardel, 2000 ; Rabardel, 1995).

Ainsi, cette approche et plus particulièrement le concept de genèse instrumentale permet d'affirmer que « l'opérateur est un concepteur dans l'usage » et que les indices de sa contribution à la conception des artefacts et de ses usages auraient le mérite d'être envisagés dans les processus de conception (Béguin, 2004, 2007b ; Béguin & Cerf, 2004 ; Béguin & Rabardel, 2000 ; Bourmaud, 2006, 2013 ; Falzon, 2005 ; Folcher, 2003 ; Folcher & Rabardel, 2004 ; Rabardel, 1995).

III.3. L'INTÉRÊT DE L'APPROCHE INSTRUMENTALE POUR LA CONCEPTION

Depuis le milieu des années 1980, l'ergonomie a développé des méthodologies pour agir au sein des processus de conception le plus en amont possible (Béguin, 2004 ; Béguin & Cerf, 2004 ; Daniellou, 2004 ; Falzon, 2005 ; Garrigou *et al.*, 1998, 2001). La participation de l'ergonome au sein de ces processus se traduit selon une démarche générale et spécifique (analyse de situations de référence, formalisation de situations d'action caractéristiques, réalisation de simulations, proposition de repères de conception, etc.) qui a pour objectif d'intégrer le travail réel ainsi que les travailleurs et travailleuses concernés dans les processus de choix et de décision (Béguin, 2004, 2007b ; Daniellou, 2004 ; Garrigou *et al.*, 2001). Selon Daniellou (2004), l'enjeu pour l'ergonome est de « prévoir l'espace des formes possibles d'activité future » (p. 360).

La sous-estimation des variabilités présentes dans l'activité au cours du processus de conception a trop souvent donné lieu à des modes dégradés, des incidents, voire même à des accidents graves (Garrigou *et al.*, 2001). Ainsi, en conception, l'ergonomie tend à favoriser la prise en

compte de la variabilité des situations, la diversité des travailleurs, leur inventivité ainsi que les situations d'usage permettant la mise en œuvre de modes opératoires susceptibles de répondre aux différents enjeux d'une situation de travail (Béguin, 2004 ; Béguin & Rabardel, 2000 ; Daniellou, 2004 ; Garrigou *et al.*, 2001 ; Judon, 2017).

Par ailleurs, l'approche instrumentale peut être une ressource vis-à-vis des fonctions à intégrer dans le processus de conception d'un artefact (Béguin, 2007b ; Béguin & Rabardel, 2000 ; Bourmaud, 2006, 2013 ; Folcher, 2003 ; Folcher & Rabardel, 2004 ; Rabardel, 1995). Selon ces mêmes auteurs, l'enjeu réside dans la prise en compte des genèses instrumentales afin de rendre compte des constructions des utilisateurs, mais aussi pour prévenir les situations à risque. Selon Rabardel (1995), l'attention doit être portée sur l'analyse des usages pour viser à leur développement et ainsi concevoir au service des fonctions dites attendues par les utilisateurs. De plus, il poursuit sur l'importance de faire du processus de conception un processus cyclique où les compétences des utilisateurs et des concepteurs sont mises en visibilité. Au travers de l'approche instrumentale, ce type de processus permet de révéler les fonctions attendues et les contraintes rencontrées par les opérateurs dans l'utilisation qu'ils ont de l'artefact (Béguin & Rabardel, 2000). Ce processus cyclique – « boucle de la conception » – fait l'objet du schéma ci-dessous (voir Figure 2). Rabardel (1995) distingue d'une part les fonctions constituantes et les modes opératoires initialement prévus par les concepteurs et d'autre part, les schèmes d'utilisation et les fonctions constituées – définies par l'utilisateur.

L'intérêt de ce processus cyclique réside dans l'inscription itérative des processus de genèse instrumentale dans le processus de conception (Rabardel, 1995). Il s'agit alors d'envisager le processus de conception à trois niveaux (Bourmaud, 2006 ; Folcher & Rabardel, 2004 ; Rabardel, 1995) :

- Concevoir autour des schèmes d'utilisation disponibles ou anticipés ;
- Concevoir des artefacts qui facilitent la poursuite du processus de conception dans l'usage (des artefacts instrumentalisables) ;
- Concevoir des artefacts issus des genèses instrumentales en mettant en lumière les développements de l'instrument et de l'opérateur au regard de ses schèmes d'utilisation et des fonctions constituées qui lui permettent d'agir en situation.

Schön (1987) cité par Béguin (2007a) parle de « dialogue avec la situation » dans le sens où de façon cyclique, la conception doit se nourrir du réel et le réel doit se nourrir de la conception. Pour qu'un tel processus de conception soit effectif, il semble indispensable de développer une approche participative favorisant des apprentissages mutuels entre concepteurs et utilisateurs (Béguin, 2004, 2013 ; Béguin & Cerf, 2004 ; Falzon, 2005). Ainsi, pour viser à l'articulation des approches technocentrée et anthropocentrée, l'enjeu pour l'ergonome demeure dans sa capacité à réunir les compétences des concepteurs et celles des utilisateurs, qui sont certes différentes, mais complémentaires (Béguin, 2004, 2013 ;

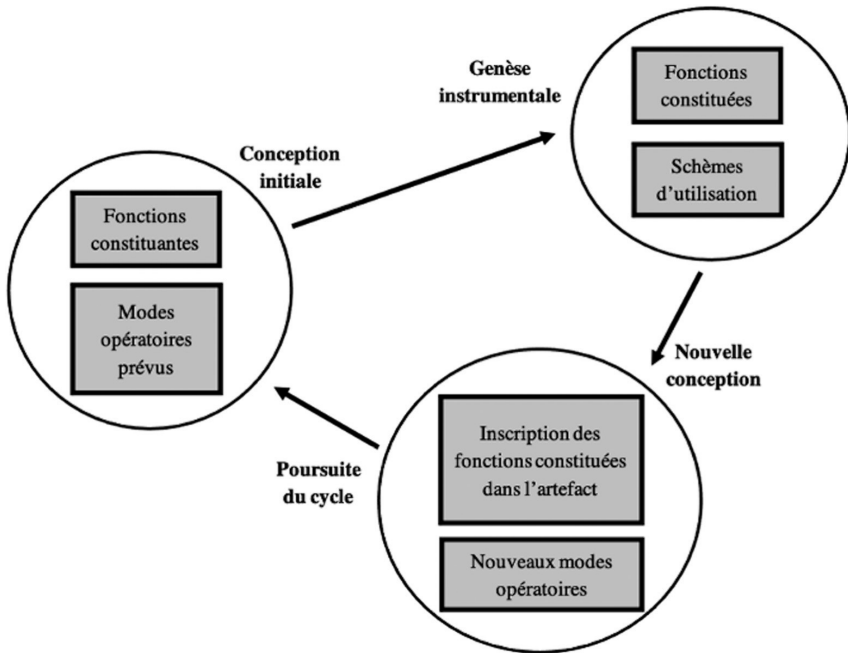


Figure 2. « Inscription des processus de genèse instrumentale dans le cycle d'ensemble de la conception d'un artefact » (Rabardel, 1995, p. 132).

Figure 2. « Insertion of instrumental genesis processes in the overall cycle of artefact design » (Rabardel, 1995, p. 132).

Béguin & Cerf, 2004 ; Cerf *et al.*, 2012 ; Cerf & Taverne, 2009 ; Danielou, 2004 ; Darses & Reuzeau, 2004 ; Garrigou, 1992).

En somme, nous pouvons conclure sur l'importance qui réside à impliquer les agriculteurs au sein des processus de conception de matériels agricoles de façon à adopter de meilleures démarches de prévention (Garrigou *et al.*, 2012). Au sens de Judon (2017), ces projets de prévention doivent être conduits de façon à favoriser les apprentissages mutuels en s'appuyant sur des approches développementales participatives.

IV. PROBLÉMATIQUE DE RECHERCHE

IV.1. ORIENTATION DU TRAVAIL ET PROBLÉMATIQUE

Le travail agricole se révèle être une activité complexe tout comme les déterminants impliqués dans les situations d'exposition aux pesticides (Garrigou, 2011). En effet, différentes études montrent que ces situations continuent d'exister malgré les mesures de prévention et de sécurité mises en place (Champoux *et al.*, 2018 ; Garrigou *et al.*, 2004, 2008 ; Mohammed-Brahim & Garrigou, 2009). Le matériel agricole de pulvérisation est

un déterminant technique de ces expositions d'où l'apport et l'intérêt de l'ergotoxicologie à la conception de ce type de matériel pour envisager une amélioration de sa conception dans un objectif de prévention. De plus, au vu de l'approche classique adoptée en conception – approche technocentrée – les agriculteurs sont amenés à apporter des modifications à leurs matériels et à développer de nouveaux usages, ce qui révèle l'importance de l'approche instrumentale. Jusqu'à aujourd'hui, la littérature ne met pas en évidence l'intérêt de lier ces deux approches, à savoir l'approche ergotoxicologique et l'approche instrumentale, pour viser une amélioration de la conception et ainsi prévenir les risques liés à l'utilisation du matériel de pulvérisation.

La problématique générale a ainsi été formulée : en quoi l'ergonomie – et plus spécifiquement l'ergotoxicologie – enrichie par l'approche instrumentale, est-elle une ressource pour améliorer la conception du matériel agricole et prévenir les situations d'exposition aux pesticides lors de son utilisation ?

IV.2. HYPOTHÈSES ET QUESTIONS DE RECHERCHE

Au regard de la problématique énoncée et de l'ensemble des éléments décrits précédemment, quatre hypothèses de recherche ont été formulées.

La première hypothèse fait référence au processus d'achat – par les agriculteurs – du pulvérisateur. En effet, compte tenu de la complexité du travail agricole, les critères de choix pris en compte lors de l'achat du pulvérisateur seraient révélateurs de compromis réalisés par les viticulteurs au vu des différents enjeux liés à la conduite d'une exploitation.

Ensuite, il convient de se demander si les situations d'exposition aux pesticides, lors de l'utilisation du pulvérisateur, seraient révélatrices d'une approche technocentrée adoptée dans le processus de conception de ce type de matériel. La deuxième hypothèse avance alors que ce type d'approche (approche technocentrée) sous-estimerait la complexité des activités d'usage des pesticides, ce qui ne permettrait pas de répondre aux besoins réels des viticulteurs et pourrait entraîner des situations d'exposition aux pesticides.

Dans la continuité, la troisième hypothèse avance que les difficultés rencontrées par les viticulteurs, liées à la conception des pulvérisateurs viticoles, permettraient aussi de mettre en visibilité les processus de genèse instrumentale.

Enfin, la quatrième hypothèse relève d'un questionnement méthodologique et théorique. En effet, au regard des différentes hypothèses énoncées précédemment, intégrer l'approche instrumentale à l'ergotoxicologie serait une ressource pour la conception des pulvérisateurs viticoles. Cela permettrait d'améliorer la prise en compte des fonctions attendues par les viticulteurs tout en réduisant les situations d'exposition aux pesticides.

V. MÉTHODOLOGIE

La méthodologie décrite au sein de cette partie a pour objectif de répondre aux hypothèses préalablement posées. Elle s'inspire de méthodes classiquement utilisées en ergotoxicologie (Galey *et al.*, 2019 ; Judon *et al.*, 2019) et intègre des éléments de questionnements issus de l'approche instrumentale concernant notamment les observables et les thèmes abordés lors des entretiens.

V.1. CHOIX DU TERRAIN

Le travail de recherche a été mené au sein de deux exploitations viticoles que nous appellerons respectivement exploitation 1 et exploitation 2. Il a été choisi de sélectionner des exploitations avec des caractéristiques différentes en ce qui concerne leur particularité, leur mode de culture et leur type de pulvérisateur (voir Tableau 1). En effet, il était intéressant d'avoir des organisations différentes pour ainsi observer des utilisations non similaires des pulvérisateurs. Au sein de l'exploitation 1, le chef d'exploitation venait de faire l'acquisition d'un pulvérisateur porté neuf et haut de gamme muni de panneaux récupérateurs en confiné (voir Figure 1) et équipé d'un système ISOBUS⁹. Les questions d'appropriation, de modernisation et d'évolution allaient ainsi pouvoir être discutées en comparaison du pulvérisateur traîné de l'exploitation 2 (voir Figure 3) qui se révèle être plus ancien et moins évolué. Le choix de l'exploitation a été privilégié au vu de l'intérêt porté par l'exploitant sur son matériel de pulvérisation, muni également de panneaux récupérateurs.

TABLEAU 1. Caractéristiques des exploitations et des pulvérisateurs.
TABLE 1. Characteristics of farms and sprayers.

| | Exploitation 1 | Exploitation 2 |
|--|--|---|
| Caractéristiques de l'exploitation | | |
| Particularité | Entreprise agricole rattachée à une école d'agronomie (9 salariés) | Exploitation viticole tenue par un couple d'exploitants |
| Mode de culture | Agroécologie | Conventionnel |
| Type de pulvérisateur | Pulvérisateur porté | Pulvérisateur traîné |
| Caractéristiques des pulvérisateurs | | |
| Identification | Concepteur A | Concepteur B |
| Prix à l'achat | 100 000 € | 30 000 € |
| Ancienneté | 2018 | 2016 |
| Autre(s) caractéristique(s) | Équipé d'un système ISOBUS | - |

9. Système électronique installé en cabine et destiné à simplifier la communication entre le tracteur et le pulvérisateur.



Figure 3. Pulvérisateur traîné de l'exploitation 2.

Figure 3. Trailed sprayer from farm 2.

V.2. ENTRETIENS EXPLORATOIRES ET OBSERVATIONS OUVERTES

Les premières observations ouvertes (Guérin *et al.*, 2006) réalisées et les premiers entretiens menés – principalement de façon informelle – durant la phase exploratoire ont permis d'établir la description générale des éléments attribués aux différentes situations de travail tels que les personnes concernées, les espaces, les flux, les matières premières, les outils, etc. Cette première phase exploratoire a correspondu à deux journées passées au sein de l'exploitation 1 et une journée au sein de l'exploitation 2. Elle a permis d'identifier les caractéristiques des pulvérisateurs – à savoir principalement les fonctions constituantes – ainsi que les phases d'activité pour lesquelles l'utilisation de ce matériel est nécessaire. Dans le cadre de l'approche instrumentale, nous pouvons qualifier ces phases d'activité de classes de situations.

Comme le disent Rabardel *et al.* (2014), « les observations ouvertes permettent de voir progressivement émerger les faits et les événements sans a priori » (p. 79). Ainsi, ces premières observations ont permis de mettre en évidence des situations d'exposition potentielles aux pesticides lors de l'utilisation des pulvérisateurs.

V.3. ENTRETIENS INDIVIDUELS

Au regard des hypothèses du travail de recherche, la réalisation d'entretiens individuels était nécessaire pour faciliter la compréhension des différents éléments non accessibles lors de l'observation de l'activité de travail. Ces entretiens individuels étaient semi-directifs et ils ont été

réalisés à l'aide d'un guide d'entretien abordant les thèmes suivants : l'achat du pulvérisateur, les acteurs gravitant autour du pulvérisateur, l'utilisation du pulvérisateur et la santé/sécurité. Concernant le premier thème, la nature des informations recherchées s'orientait vers les critères de choix, les conseils prodigués lors de l'achat et la satisfaction générale liée à celui-ci. Il s'agissait ensuite de recueillir des informations concernant les acteurs impliqués autour du pulvérisateur et des contacts qui en découlent. Pour ce qui est de l'utilisation du pulvérisateur, l'enjeu résidait dans la compréhension des problèmes récurrents et contraignants rencontrés. Il s'agissait également de questionner les modifications apportées au pulvérisateur et les fonctions attendues par son utilisation afin de porter l'attention sur les interactions sujet/artefact. Avant de conclure ces entretiens, le dernier thème permettait de questionner le viticulteur sur les risques potentiels liés à l'utilisation du pulvérisateur et plus particulièrement les situations d'exposition aux pesticides.

Au sein de l'exploitation 1, trois entretiens enregistrés ont été menés auprès de 3 agriculteurs que sont le chef d'exploitation (décisionnaire et préparateur des produits), le second d'exploitation (préparateur des produits et conducteur du pulvérisateur) et le tractoriste (conducteur du pulvérisateur). En ce qui concerne l'exploitation 2, un entretien enregistré a été réalisé auprès du chef d'exploitation (décisionnaire, préparateur des produits et conducteur du pulvérisateur). L'ensemble de ces entretiens a été analysé pour ces différents thèmes : achat du pulvérisateur, modalités de conception, difficultés et/ou facilités d'usage, variabilités, aléas et incidents rencontrés, modifications apportées ou envisagées au pulvérisateur et enfin situations d'exposition aux pesticides lors de l'utilisation du matériel.

V.4. OBSERVATIONS FILMÉES ET MESURES

La première phase exploratoire a permis de préciser les situations de travail sur lesquelles devaient s'orienter les analyses. Il s'agit de la préparation des produits (pesticides) qui consiste à préparer et mélanger ces produits avec de l'eau claire, de l'application de ces produits sur les vignes et du nettoyage du pulvérisateur qui vise à rincer les surfaces internes et externes sur lesquelles se sont déposés les produits.

Ces trois classes de situations sont les trois étapes essentielles à la réalisation d'un traitement, leur durée de réalisation diffère d'une exploitation à l'autre. Les mesures réalisées comprennent des prélèvements surfaciques effectués à l'aide de lingettes et des prélèvements atmosphériques à l'aide de pompes. Au regard des contraintes temporelles liées à l'analyse de l'ensemble de ces prélèvements, les résultats n'apparaissent pas au sein de cet article et ne peuvent pas être mis en perspective avec les situations d'exposition aux pesticides identifiées. La cartographie des observations filmées et des prélèvements est présentée dans le Tableau 2.

TABLEAU 2. Cartographie des observations filmées et des prélèvements réalisés.
 TABLE 2. Mapping of recorded observations and samples made.

| N° obs | Exploitation 1 | | | Exploitation 2 | |
|------------------------------------|--------------------------|--|--|--------------------------|--|
| | N°1 | N°2 | N°3 | N°1 | N°2 |
| Phases d'activité observées | Préparation des produits | Maintenance et réparation du pulvérisateur | Application des produits et nettoyage du pulvérisateur | Préparation des produits | Préparation des produits, application et nettoyage du pulvérisateur |
| Technique de film | Caméra tenue à la main | Caméra tenue à la main | Respectivement : caméra fixée dans la cabine du pulvérisateur et posée en hauteur | Caméra tenue à la main | Respectivement : caméra tenue à la main, fixée dans la cabine et tenue à la main |
| Prélèvements surfaciques | Non | Non | Volant du pulvérisateur, surface extérieure de la cuve de l'incorporateur, barre extérieure du tracteur permettant d'aider à monter à l'intérieur de la cabine, surface extérieure du bidon de rinçage des mains embarqué sur le pulvérisateur | Non | Volant du pulvérisateur, surface extérieure de la cuve du pulvérisateur, barre intérieure du tracteur permettant d'aider à monter à l'intérieur de la cabine |
| Prélèvements atmosphériques | Non | Non | Pompe embarquée sur le conducteur du pulvérisateur, pompe placée à l'intérieur de la cabine du tracteur du pulvérisateur | Non | Pompe embarquée sur le conducteur du pulvérisateur, pompe placée à l'intérieur de la cabine du tracteur du pulvérisateur |

Les observations filmées ont été visionnées intégralement et l'analyse qualitative de l'activité, au regard de l'utilisation du pulvérisateur, s'est focalisée selon les observables suivants : les expositions directes et indirectes, les équipements de protection utilisés, les difficultés d'usage, les modes opératoires généraux, les incidents rencontrés ainsi que les aléas et variabilités. Cette analyse a été articulée avec celle des produits utilisés lors des différents traitements de façon à comprendre les risques encourus lors des potentielles expositions directes ou indirectes à ces produits. Cela a été rendu possible grâce aux fiches de données de sécurité présentes sur internet (<https://ephy.anses.fr>).

V.5. ENTRETIENS D'AUTOCONFRONTATION

Les entretiens d'autoconfrontation relèvent d'une méthode courante utilisée en ergonomie (Clot, 2008). À l'aide des enregistrements vidéo qui permettent de garder des traces de l'activité, ce type d'entretien vise à confronter un ou plusieurs opérateurs à ces traces de façon à développer une réflexion sur l'activité. Ils permettent de comprendre les représentations liées à l'activité que les processus cognitifs mis en œuvre qui ne sont pas directement observables dans l'activité de travail.

Les entretiens d'autoconfrontation ont été réalisés à la suite des entretiens individuels et de l'analyse des observations filmées. Ces entretiens avaient pour objectif d'explicitier l'activité des viticulteurs liée à l'usage du pulvérisateur de façon à intégrer des données subjectives à l'analyse des observations et à la réalisation de mesures. Les informations recherchées relevaient de la description des difficultés rencontrées sur les usages et les variabilités, aléas et incidents rencontrés. Il s'agissait alors de comprendre les stratégies opératoires mises en place pour répondre à ces difficultés ainsi que les représentations liées aux expositions. Au sein de l'exploitation 1, un entretien d'autoconfrontation a été réalisé avec le tractoriste et en ce qui concerne l'exploitation 2, l'entretien d'autoconfrontation a été réalisé avec le chef d'exploitation. Ces deux entretiens d'autoconfrontation ont été retranscrits intégralement et l'analyse qualitative des verbalisations s'est focalisée sur les extraits d'entretiens alimentant les thèmes suivants : difficultés ou facilités d'usage du pulvérisateur, variabilités, aléas et incidents rencontrés, modifications apportées ou envisagées au pulvérisateur et enfin les situations d'exposition aux pesticides lors de l'utilisation du pulvérisateur.

VI. RÉSULTATS

Cette partie présente l'ensemble des données traitées, à savoir les résultats des analyses des entretiens individuels et d'autoconfrontation ainsi que l'analyse des observations filmées. Ces résultats ont été présentés selon différents thèmes au sein desquels les deux exploitations concernées ont été mises en parallèle. Les thèmes sont les suivants : achat du pulvérisateur, modalités de conception du pulvérisateur, difficultés d'usage, variabilités et aléas, défauts de conception et enfin modifications apportées ou envisagées au pulvérisateur. Les situations d'exposition directe et indirecte ont été décrites en parallèle de l'ensemble des thèmes mentionnés. Dans un souci de distinction des verbalisations entre ces deux exploitations, il est à noter qu'au sein de l'exploitation 1 (Exp1), trois travailleurs sont cités : le chef d'exploitation (CE), le second d'exploitation (SE) et le tractoriste (T). Au sein de l'exploitation 2 (Exp2), un seul travailleur est cité : le chef d'exploitation (CE).

Le choix a été fait de présenter les résultats en réponse aux hypothèses préalablement posées. Cependant, compte tenu du caractère méthodologique et théorique de la quatrième hypothèse, celle-ci fait l'objet de la première partie de la discussion.

VI.1. L'ACHAT DU PULVÉRISATEUR : UN PROCESSUS RÉVÉLATEUR DE COMPROMIS RÉALISÉS PAR LES VITICULTEURS

Nous retenons des critères de choix communs aux deux exploitations qui expliquent l'acquisition de pulvérisateurs munis de panneaux récupérateurs en confiné. Ces critères de choix sont environnementaux, économiques et sociaux :

« Ça présente des avantages en termes d'impact environnemental » (Exp1, CE).

« Le confiné [...], d'un point de vue environnemental, c'était quand même pas mal » (Exp2, CE).

« Il y a l'aspect pseudo-économique, car on récupère du produit » (Exp1, CE).

« Il y a de la récup, c'est intéressant, car économiquement on récupère du produit donc on économise du produit » (Exp2, CE).

« Ça rassure les voisins aussi, il ne faut pas se cacher la vérité » (Exp1, CE).

« Je traite à côté d'une école d'adultes donc il y avait ça aussi » (Exp2, CE).

Cependant, aucun critère de santé et/ou de sécurité n'a été mentionné. Ce phénomène rend compte des compromis réalisés et de la complexité à faire des choix lors d'un investissement matériel coûteux au risque de desservir des facilités d'usage. En effet, les critères environnementaux, économiques et sociaux expriment tout particulièrement les enjeux liés à la conduite d'une exploitation. Il est important de mentionner également la forte dépendance vis-à-vis du distributeur, révélatrice de compromis que réalisent les viticulteurs. Le viticulteur de l'exploitation 2 a privilégié une proximité géographique du distributeur au détriment du choix de la marque du pulvérisateur, choix qui s'est orienté vers ce que le distributeur proposait :

« Ça m'a un petit peu influencé pour aller vers [concepteur B] [...]. La proximité compte beaucoup. [...]. J'hésitais avec d'autres [pulvérisateurs], mais il y avait une heure de route pour aller chez le concessionnaire [...] ça c'est impossible » (Exp2, CE).

Pour le chef de l'exploitation 1, il s'agissait avant tout de choisir la marque du pulvérisateur. Cette décision a cependant contraint le choix du distributeur, dont la présence aux alentours de l'exploitation est faible :

« En fait, on est dans une zone où il n'y en a pas beaucoup [de distributeurs], du coup on est obligé » (Exp1, CE).

Enfin, il convient de souligner que les viticulteurs n'ont pas accès aux concepteurs et cette absence de contact pourrait justifier la faible prise en compte des besoins réels des utilisateurs par les concepteurs dans le processus de conception. Le relais d'informations est principalement assuré par les distributeurs, ce qui a pour conséquence de ne pas intégrer les utilisateurs dans le processus de conception et ainsi réduire la compréhension des fonctions qu'ils attendent :

« On n'a aucun contact avec [concepteur A]. [...] Faut passer par [distributeur]. C'est très difficile aujourd'hui d'avoir des contacts directement avec le fabricant, c'est directement les concessionnaires [distributeurs] » (Exp1, SE).

« Quand j'ai un souci, je vois avec le mécanicien [distributeur] qui lui contacte [concepteur B] directement » (Exp2, CE).

Cette absence de contact est amplifiée par le reproche que font les viticulteurs aux concepteurs de ne pas se déplacer sur le terrain et de ne pas prendre en compte leur activité réelle de travail :

« Les constructeurs ne vont pas assez sur le terrain, ils ne raisonnent pas sur le terrain [...] C'est des choses qu'il faudrait qu'ils fassent, venir sur le terrain et discuter avec nous. On ne les voit jamais [...] Soit, ils sont très orgueilleux, ils ne veulent pas qu'on ait raison. Soit, ils s'en foutent totalement, ils sont sûrs de leurs produits » (Exp1, SE).

« Je voudrais qu'il vienne [concepteur] utiliser son appareil pendant toute une saison, pas qu'une fois, une saison complète et il comprendra que c'est un peu chiant de descendre du tracteur, déboucher, remettre une mousse, enfin faire plein de trucs, des bricoles quoi » (Exp2, CE).

Ce dernier constat nous permettra d'appuyer la deuxième partie des résultats. Mais, pour conclure sur cette première partie, nous remarquons que les critères de choix pris en compte lors de l'achat du pulvérisateur sont hétérogènes mais ne concernent pas les enjeux de santé et de sécurité (voir Tableau 3).

TABLEAU 3. Critères de choix pris en compte à l'achat du pulvérisateur.
TABLE 3. Selection criteria taken into account for the purchase of the sprayer.

| | | Exploitation 1 | Exploitation 2 |
|--------------------------|----------------------------------|----------------|----------------|
| Critères de choix | Environnemental | X | X |
| | Économique | X | X |
| | Social | X | X |
| | Marque du pulvérisateur | X | |
| | Proximité du distributeur | | X |
| | Santé et sécurité | | |

Ces critères de choix – qui ne sont pas seulement d'ordre technique – sont révélateurs de compromis réalisés par les viticulteurs. Les choix réalisés sont ainsi contraints par un ensemble de déterminants tels que les caractéristiques des pulvérisateurs, l'environnement social, l'aspect financier ou encore l'offre des distributeurs.

VI.2. UNE CONCEPTION QUI NE PERMET PAS DE RÉPONDRE AUX BESOINS RÉELS ET QUI ENTRAÎNE DES SITUATIONS D'EXPOSITION AUX PESTICIDES

Les problèmes liés à la conception se traduisent principalement au regard de l'emplacement des organes, de leurs accès et de la conception

même de ces organes durant les trois phases d'activité que sont la préparation des produits, leur application et le nettoyage. Ainsi, des fonctions telles qu'utiliser les commandes lors de la préparation des produits, avoir des retours d'informations en cabine (débit, pression, volume cuve, etc.), accéder à des organes pour les nettoyer (filtres, cuve, buses, etc.), rincer la cuve à chaque fin de traitement, n'apparaissent pas intégrées dans les pulvérisateurs étudiés. L'absence de ces fonctions entraîne des difficultés d'usage à l'origine – dans une majeure partie des cas – de situations d'exposition directe et/ou indirecte aux pesticides. Pour exemple, au sein de l'exploitation 2, la hauteur de la cuve n'est pas adaptée à la tâche que l'agriculteur doit réaliser. Les sacs de produits à déverser lors de la préparation peuvent peser jusqu'à 25 kg. Ce déversement doit se faire lentement de façon à améliorer la qualité du mélange avec l'eau et les autres produits pour ne pas risquer de faire un « pâte » qui ira se loger dans le fond de la cuve et qui sera très difficile à nettoyer. Dans le cadre de l'approche instrumentale mobilisée, il convient de souligner qu'il s'agit dans ce cas précis d'un schéma d'utilisation.

« Le marchepied n'est pas tout à fait haut à mon sens je trouve. [...] moi je m'aperçois quand il faut que je vide un sac de 25 kg dedans, c'est limite [...] » (Exp2, CE).

Cette opération demande à l'agriculteur de prendre appui sur la surface de la cuve, ce qui entraîne une exposition indirecte aux pesticides d'autant plus que son tablier est ouvert amenant à un contact direct entre la cuve et ses vêtements (voir Figure 4).

Les variabilités rencontrées à l'utilisation des pulvérisateurs sont aussi à l'origine de situations d'exposition aux pesticides. L'ensemble de ces variabilités permet de mettre en évidence que les propositions techniques ne correspondent pas aux fonctions attendues et à l'activité de travail réelle des viticulteurs. Nous pouvons appuyer ce constat avec l'exemple du support de commandes en cabine du pulvérisateur de l'exploitation 2 qui a fini par casser car il n'était pas en capacité de tolérer les vibrations lors des traitements dans les parcelles. Le bouchage des buses – dû au type de produit utilisé et à la qualité du nettoyage du pulvérisateur suite au traitement précédent – se révèle être aussi un exemple pertinent. En effet, pour répondre à cette variabilité, les tractoristes descendent de la cabine afin de nettoyer la buse en question, ce qui génère l'apparition de situations d'exposition aux pesticides, car ils réalisent l'opération en pleine parcelle. Au sein de l'exploitation 1, l'agriculteur doit passer entre les panneaux récupérateurs munis de balais qui sont eux-mêmes imprégnés de produits, ce qui augmente d'autant plus les expositions directes et indirectes malgré le port de la combinaison car l'agriculteur ne porte pas de masque (voir Figure 5).

Les difficultés d'usage et variabilités identifiées ont ainsi pu mettre en évidence des similarités entre les exploitations. En effet, il existe des difficultés d'usage communes aux deux exploitations, telles que l'emplacement des commandes lors de la préparation, celui de la radio lors de l'application ou encore l'emplacement des filtres lors du nettoyage du pulvérisateur. En ce qui concerne la conception des organes, nous retiendrons seulement la cuve comme organe commun difficile à nettoyer. Les



Figure 4. Incorporation des produits dans la cuve par le chef de l'exploitation 2.
Figure 4. Induction of products in the tank by the head of the farm 2.

variabilités communes aux deux exploitations concernent les buses et filtres bouchés, les panneaux récupérateurs qui touchent le sol lors de l'application, la formation de mousse dans la cuve et les capteurs qui dysfonctionnent. Les similarités observées entre les deux exploitations peuvent également concerner les contextes d'usage et les usages. Par exemple, lorsqu'une buse se bouche lors de l'application des produits, cela demande aux agriculteurs de sortir de la cabine et de passer entre les panneaux récupérateurs pour nettoyer la buse. Cependant, compte tenu des différences entre les pulvérisateurs, une difficulté commune aux deux exploitations peut entraîner des usages différents. En effet, lorsque les panneaux touchent le sol lors de l'application des produits, le chef de l'exploitation 2 doit sortir de sa cabine pour les redresser tandis que le pulvérisateur de l'exploitation 1 possède une sécurité permettant aux panneaux de se relever automatiquement.

Outre les difficultés d'usage et les variabilités rencontrées, des défauts de conception ont également été constatés. Un défaut de conception majeur a été mis en visibilité par les viticulteurs de l'exploitation 1. Il s'agit du système de récupération des produits qui n'était toujours pas fonctionnel lors des phases d'observation alors qu'il s'agissait d'un critère de choix important à l'achat. Pour l'exploitation 2, il s'agit de la qualité



Figure 5. Action sur une buse bouchée par le chef de l'exploitation 1.
 Figure 5. Action on a plugged nozzle by the head of the farm 1.

du joint de vitrage permettant de relier la cabine au matériel de traitement. Ce joint est amené à se dégrader face aux conditions météorologiques (UV) et à l'interaction avec les produits chimiques. Cela entraîne des situations d'exposition directe aux pesticides par la contamination de l'air à l'intérieur de la cabine.

Au regard de ces différents résultats, nous pouvons avancer que les propositions techniques des concepteurs ne permettent pas toujours de répondre aux besoins réels des viticulteurs. D'autant plus que les écueils de conception constatés peuvent entraîner des situations d'exposition aux pesticides. Il est cependant difficile d'affirmer que la conception des pulvérisateurs relève d'une seule approche technocentrée. En effet, des facilités d'usage ont été identifiées et les entretiens ont révélé une satisfaction générale liée à l'utilisation des pulvérisateurs bien que la question des expositions aux pesticides liées aux interventions sur le matériel soit fortement sous-estimée. En effet, l'emplacement des organes tels que le manomètre au sein de l'exploitation 1 ou la cuve et la jauge au sein de

l'exploitation 2 se révèle être une ressource pour l'activité des viticulteurs. Il est cependant important de souligner que le pulvérisateur de l'exploitation 2 montre plus de facilités d'usage que le pulvérisateur de l'exploitation 1 et plus particulièrement en ce qui concerne les retours d'informations en cabine. Ce constat attire notre attention au vu des différences d'ancienneté entre ces deux pulvérisateurs et des technologies qui y sont intégrées. En effet, le pulvérisateur de l'exploitation 1 possède une application automatique des produits sur les parcelles grâce à un système GPS présent dans la cabine. Cependant, de nombreuses variabilités sont constatées telles que l'attente du signal GPS en début de traitement et la pulvérisation de pesticides qui se déclenche par erreur dans les allées.

VI.3. DES PROCESSUS DE GENÈSE INSTRUMENTALE

Les pulvérisateurs peuvent être considérés comme des instruments dans l'activité de travail des viticulteurs. De par sa caractéristique artefactuelle, le pulvérisateur est un médiateur entre le viticulteur et l'objet de l'activité qui se traduit par la réalisation de traitements, indispensables à la production quantitative et qualitative de la future récolte. Ce matériel de traitement relève d'usages spécifiques faits en situation par les viticulteurs et poursuivant un but particulier. Ces usages appartiennent à différentes classes de situation, invariantes d'une exploitation à l'autre, que vont être la préparation des produits, leur application et le nettoyage du pulvérisateur. Ces classes de situation se traduisent selon des cadres d'usages différents qui sont faits du pulvérisateur, elles possèdent donc leurs propres buts qui répondent au même objet de l'activité, à savoir la réalisation d'un traitement. Cette affirmation qui considère le pulvérisateur comme un instrument s'explique au regard des processus de genèses instrumentales identifiés, à savoir les évolutions liées à l'artefact et celles liées aux schèmes.

L'introduction d'un nouveau pulvérisateur au sein de l'exploitation 1 relève plus spécifiquement du processus d'instrumentation qui correspond à l'émergence et à l'évolution des schèmes. Ces schèmes relèvent eux-mêmes plus spécifiquement des processus d'accommodation et d'assimilation. L'usage du pulvérisateur étant relativement récent, le processus d'instrumentalisation – qui confère de nouvelles propriétés à l'artefact – n'a pas été identifié, mais des fonctions sont attendues et des modifications sont envisagées. En ce qui concerne le processus d'instrumentation, nous pouvons donner pour exemple le processus d'accommodation mis en place pour remplir le réservoir d'essence du pulvérisateur au vu de sa difficulté d'accès bien que ce schème soit applicable à différents types d'artefact possédant un réservoir. Nous pouvons également mettre en évidence les schèmes développés lors des réparations apportées aux panneaux récupérateurs suite à une déformation de ceux-ci lorsqu'ils ont touché le sol lors d'un traitement. Enfin, nous pouvons illustrer un processus d'accommodation lié à l'utilisation du tableau de commandes au sein de la cabine qui a nécessité l'émergence de nouveaux schèmes :

« C'est compliqué, il faut se mettre la gymnastique d'utilisation, c'est complexe [...] c'est pas aussi simple qu'une appli de smartphone » (Exp1, CE).

L'utilisation du pulvérisateur au sein de l'exploitation 2 relève des deux processus que sont le processus d'instrumentalisation et le processus d'instrumentation. Ce dernier est mis en visibilité au regard de l'ensemble des processus d'adaptation mis en place à l'utilisation du pulvérisateur. Nous pouvons donner pour exemple la stratégie trouvée par le viticulteur qui est de donner « un coup » pour ouvrir le bouchon de la cuve non muni de poignées. Le processus d'instrumentalisation se traduit quant à lui de deux façons. En effet, au-delà des modifications matérielles apportées au pulvérisateur telles que l'écran et le support de commande à l'intérieur de la cabine, nous soulignons que de nouvelles fonctions peuvent être conférées sans modifications matérielles. C'est l'exemple du marchepied que nous pouvons qualifier de catachrèse et qui relève d'un processus d'assimilation (voir Figure 6). Le viticulteur utilise le marchepied pour poser son sac de façon à en faciliter l'ouverture et se permettre des allers-retours en cabine sans avoir à le poser par terre au risque de le mouiller.

« Disons que le sac je ne veux pas le poser par terre, si l'eau coule, le sac se mouille donc je n'aime pas » (Exp2, CE).



Figure 6. Catachrèse du marchepied réalisée par le chef de l'exploitation 2.
Figure 6. Catachresis of footboard by the head of the farm 2.

Ce phénomène s'observe également au sein de l'exploitation 1 où les viticulteurs sont souvent amenés à monter sur la roue du pulvérisateur et ainsi la considérer comme un marchepied pour accéder à différents organes. Ce processus d'instrumentalisation relève de stratégies opérées vis-à-vis de l'artefact de façon à ce que les modifications apportées, qu'elles soient matérielles ou non, permettent de convenir aux besoins réels du viticulteur lors de son activité.

Les difficultés liées à la conception des pulvérisateurs viticoles sont révélatrices de processus de genèse instrumentale présents dans l'usage

qu'en ont les viticulteurs. En effet, ces difficultés, mais également les variabilités rencontrées, demandent aux viticulteurs de trouver des solutions qui se traduisent par des évolutions qu'ils apportent aux pulvérisateurs et à leurs propres schèmes d'utilisation. Cependant, ces processus ne sont de toute évidence pas seulement associés à des difficultés liées à la conception, mais relèvent également, et plus particulièrement pour ce qui est du processus d'instrumentation, de l'introduction d'un nouvel artefact. Il convient également de souligner qu'il existe des modifications matérielles réalisées par les distributeurs ou les concepteurs à la demande des viticulteurs. Ce phénomène nous amène à nous questionner sur les processus d'instrumentalisation potentiellement « empêchés » ou « contraints » qui s'expliquent au regard des compromis réalisés par les viticulteurs. En effet, les ressources disponibles ne sont pas suffisantes, ce qui restreint le champ d'action.

VII. DISCUSSION

VII.1. INTÉGRER L'APPROCHE INSTRUMENTALE À L'ERGOTOXICOLOGIE : UNE RESSOURCE POUR LA CONCEPTION

D'un point de vue méthodologique et théorique, l'intégration de l'approche instrumentale à l'ergotoxicologie est une ressource pour améliorer la conception des pulvérisateurs viticoles (voir Figure 7).

L'ergotoxicologie – considérée comme une spécialité de l'ergonomie – permet de comprendre les conditions d'expositions aux pesticides. Le matériel agricole et plus spécifiquement le pulvérisateur viticole est un déterminant technique de ces situations d'exposition. Ce travail de recherche a pu mettre en évidence les déterminants de ce déterminant au vu des différentes utilisations faites du pulvérisateur dans le cadre de l'usage des pesticides. En effet, l'emplacement des différents organes, la conception de ces organes ou encore leurs fonctionnalités au regard des variabilités et aléas rencontrés lors de l'utilisation du pulvérisateur sont autant de déterminants susceptibles d'entraîner des situations d'exposition aux pesticides. Ces déterminants qui influencent l'activité amènent le viticulteur à développer des genèses instrumentales lors de l'utilisation du pulvérisateur. Au sein de ces processus, on distingue le processus d'instrumentation et d'instrumentalisation qui se traduisent par un développement des usages. Ils permettent de mettre en visibilité la créativité et l'inventivité des utilisateurs. Ces deux processus sont finalement révélateurs des fonctions attendues par les viticulteurs au cours de leur activité. Cependant, ces processus, au regard des compromis réalisés par les viticulteurs, peuvent amener à l'apparition de situations d'exposition aux pesticides. Le développement des propriétés du pulvérisateur et/ou celui des schèmes du viticulteur peuvent engendrer une exposition potentielle aux pesticides dans un souci – par exemple – de productivité. Ce phénomène est d'autant plus amplifié qu'il est fréquent que les pesticides utilisés soient incolores et indolores. Nous pouvons prendre pour exemple le

nettoyage de la cuve au sein de l'exploitation 1 considéré comme indispensable à chaque fin de traitement. La conception et l'emplacement de la cuve amènent le viticulteur à monter sur son pulvérisateur de façon à pouvoir passer le karcher à l'intérieur de celle-ci. Cette stratégie développée entraîne cependant une situation d'exposition aux pesticides par la proximité des voies respiratoires à la cuve et les risques d'éclaboussures. L'approche instrumentale permet de rendre compte du but poursuivi par le viticulteur, à savoir, nettoyer la cuve et plus spécifiquement l'intérieur de celle-ci. Cependant les usages, révélateurs des compromis réalisés, amènent à des situations d'exposition d'où l'intérêt d'intégrer cette approche instrumentale à l'ergotoxicologie qui permet elle-même de comprendre les déterminants de ces expositions (voir Figure 7) qui sont dans ce cas précis l'emplacement et la conception de la cuve.

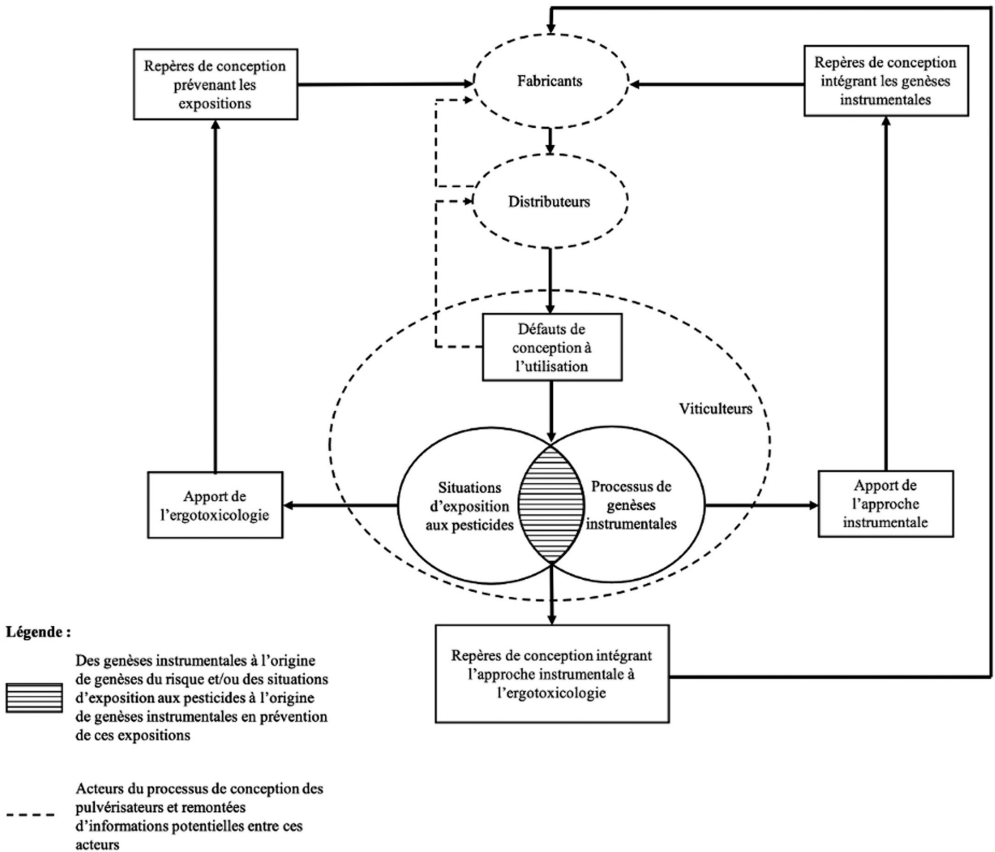


Figure 7. Intérêt d'une méthodologie intégrant l'approche instrumentale à l'ergotoxicologie pour la conception.

Figure 7. Interest of methodology integrating the instrumental approach to the ergotoxicologic approach for design.

D'un point de vue méthodologique, l'approche instrumentale permet à l'ergotoxicologie de donner une dimension centrale – pour agir en conception – à l'inventivité et la créativité des travailleurs dans des contextes d'exposition à des produits chimiques. Et l'ergotoxicologie permet à l'approche instrumentale de ne pas exclure les risques liés aux produits chimiques dans le cadre des genèses instrumentales. Associer ces deux approches permettrait alors d'apporter des repères à intégrer au sein du processus de conception de façon à répondre aux besoins réels des viticulteurs tout en visant une réduction des situations d'exposition aux pesticides. Il convient de souligner que les genèses instrumentales peuvent aussi permettre de réduire les risques d'exposition aux pesticides. Pour illustrer ce propos, nous prenons pour exemple la modification envisagée pour l'emplacement du réservoir d'essence sur le pulvérisateur de l'exploitation 1. Ce processus vise à la fois à répondre à un besoin réel et à la fois à réduire l'exposition aux pesticides en évitant le passage entre les panneaux récupérateurs. Cette modification envisagée est une ressource en termes de repères à intégrer dans la conception des pulvérisateurs viticoles. Ainsi, des situations d'exposition aux pesticides peuvent être à l'origine de genèses instrumentales cherchant à prévenir ces expositions.

VII.2. DES DÉFAUTS DE CONCEPTION ET DES SITUATIONS D'EXPOSITION AUX PESTICIDES Y COMPRIS POUR DU MATÉRIEL HAUT DE GAMME ET NEUF

Les défauts de conception constatés et les situations d'exposition aux pesticides qui en découlent concernent autant du matériel haut de gamme et neuf que du matériel ancien. Les dysfonctionnements liés au GPS et au système de récupération des produits au sein de l'exploitation 1 sont des exemples révélateurs de ce phénomène. Ce constat doit être mis en perspective avec des questions actuelles liées à l'automatisation et à l'intégration des technologies numériques au sein des dernières générations de matériels qui représentent un enjeu majeur de la réussite de l'agriculture de précision. En effet, ces dernières générations prennent-elles suffisamment en compte les besoins réels des utilisateurs et les situations d'exposition aux pesticides ? La comparaison des deux pulvérisateurs étudiés a montré que les facilités d'usage étaient plus nombreuses pour le pulvérisateur ancien malgré la moindre intégration de hautes technologies. La différence de prix des deux pulvérisateurs s'élève pourtant à 70 000 €, somme importante qui peut confirmer que les concepteurs ont plutôt tendance à s'orienter vers des solutions coûteuses au sein desquelles les contraintes liées à l'activité ne sont pas suffisamment prises en compte (Béguin, 2007b ; Béguin & Cerf, 2004 ; Béguin & Rabardel, 2000 ; Mohammed-Brahim & Garrigou, 2009).

VII.3. DES GENÈSES INSTRUMENTALES À L'ORIGINE DE GENÈSES DU RISQUE

Au regard des compromis réalisés par les viticulteurs, nous avons pu remarquer que les genèses instrumentales peuvent être à l'origine de l'apparition de situations d'exposition aux pesticides. En effet, les possibilités d'action sont parfois réduites, ce qui peut conduire à une détérioration de la santé et/ou une dégradation de la performance (Coutarel *et al.*, 2015). Il convient alors de se demander si ces genèses instrumentales peuvent parfois être coûteuses pour la santé et la sécurité. Malgré le nombre restreint d'exploitations et des temps relativement courts d'analyse des processus de genèse instrumentale, ce travail de recherche a permis de questionner les évolutions des schèmes et des artefacts liées à l'utilisation des pulvérisateurs en lien avec de potentielles genèses du risque. Ces évolutions peuvent être le résultat de compromis réalisés par les viticulteurs qui ne donnent pas toujours la priorité à la santé et à la sécurité, comme c'est le cas lors de l'achat de leur pulvérisateur.

VII.4. DES PROCESSUS D'INSTRUMENTALISATION « EMPÊCHÉS » OU « CONTRAINTS »

L'analyse des processus de genèse instrumentale a pu mettre en évidence des processus d'instrumentalisation « empêchés » ou « contraints ». Au vu des difficultés et des variabilités rencontrées à l'utilisation de leur pulvérisateur, les viticulteurs ont été souvent amenés à exprimer les fonctions attendues et les modifications envisagées. Cependant, de nombreux facteurs interviennent et contraignent cette réalisation. Nous pouvons mettre en évidence le manque de temps, de ressources matérielles et humaines, l'aspect financier et le manque de formation :

« Moi j'aimerais bien [apporter des modifications] mais je n'ai pas le temps. On n'a pas le temps, à part travailler dans une grosse structure où vous avez un mécano. On aurait plus besoin de faire venir [distributeur] pour modifier ça. [...] on les fera faire parce qu'on n'a pas le temps, on n'est pas équipé » (Exp1, SE).

« J'ai mon idée pour me faire mon support et que ça tienne. Après ce n'est pas encore fait, mais bon dans l'hiver j'espère ou fin d'été. Quand ça sera un peu plus calme, c'est toujours une question de temps » (Exp2, CE).

De plus, certaines modifications matérielles sont réalisées par les distributeurs ou les concepteurs à la demande des viticulteurs :

« Vous ferez faire les modifications en imposant ce que vous voulez ? » (Chercheur).

« Oui. On leur dit "là vous nous faites ça, ça et là, comme ça et comme ça" » (Exp1, SE).

Compte tenu du caractère perfectible de la conception, le pulvérisateur reste tout de même un instrument de l'activité au service de l'action. Les processus d'instrumentalisation « empêchés » ou « contraints » identifiés impliquent en revanche de mettre en place des processus de conception cycliques et participatifs (Béguin, 2004, 2013 ; Béguin & Cerf, 2004 ;

Cerf *et al.*, 2012 ; Cerf & Taverne, 2009 ; Daniellou, 2004 ; Darses & Reuzeau, 2004 ; Falzon, 2005 ; Garrigou, 1992) où les compétences des concepteurs, des distributeurs et des utilisateurs seraient réunies. Au contraire, nous observons une conception éclatée entre les concepteurs, les distributeurs et les utilisateurs.

VII.5. UNE CONCEPTION ÉCLATÉE ENTRE DIVERS ACTEURS

Le travail de recherche a pu mettre en évidence l'existence d'une conception éclatée entre une multiplicité d'acteurs : les concepteurs, les distributeurs et les utilisateurs. Cette multiplicité pourrait ainsi expliquer les difficultés de coordination entre ces acteurs. Ce phénomène se confirme par l'absence de contacts entre les concepteurs et les utilisateurs.

La conception initiale est réalisée par les concepteurs, appelés également fabricants. Cette conception est poursuivie par les distributeurs, appelés également concessionnaires, qui apportent de nouvelles fonctions aux pulvérisateurs, des modifications, des réparations et des opérations de maintenance. Enfin, l'ensemble de ces opérations peut aussi être amené à être réalisé par les utilisateurs. Ainsi, il est possible d'avancer que la conception ou la « re-conception » s'opère à différents niveaux avec des enrichissements qui peuvent être qualifiés de positifs ou de négatifs. Il convient donc de se questionner sur l'échelle spatio-temporelle d'apparition du risque et plus spécifiquement des situations d'exposition aux pesticides. Pour illustrer ce propos, nous prenons pour exemple l'accès au réservoir d'essence sur le pulvérisateur de l'exploitation 1. L'accès à ce réservoir est rendu difficile par la présence des panneaux récupérateurs munis de balais, eux-mêmes imprégnés de produits. Ces balais ont cependant été rajoutés par le distributeur :

« La rampe c'est [concepteur 1], mais le concepteur du confinement c'est [distributeur]. [...] Il rajoute tout le système de confinement et de récupération » (Exp1, SE).

Cela nous amène à envisager que lors de la conception initiale, les besoins des utilisateurs ont été suffisamment pris en compte ainsi que les potentielles expositions aux pesticides lors de la réalisation du plein d'essence. Cette conception éclatée pose également question quant aux réglementations applicables aux différents acteurs et à la garantie lors de modifications apportées par des personnes autres que les concepteurs.

Ce travail de recherche aura pu mettre en évidence l'importance du rôle joué par les distributeurs vis-à-vis des pulvérisateurs. La limite essentielle de ce travail repose cependant sur l'absence d'observations et d'entretiens réalisés auprès des concepteurs et des distributeurs. Il convient donc de souligner qu'il est difficile d'avancer que la conception des pulvérisateurs viticoles étudiés relève d'une seule approche technocentrée. Malgré les défauts de conception identifiés et les situations d'exposition aux pesticides qui en découlent, il est important de mentionner toute la complexité pour les concepteurs à anticiper la diversité des opérateurs et la variabilité des situations (Bourmaud, 2013).

VIII. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Ce travail de recherche avait une visée exploratoire de façon à produire des connaissances sur les difficultés rencontrées à l'utilisation des pulvérisateurs viticoles et les situations d'exposition aux pesticides liées à cette même utilisation. Nos résultats, bien qu'ils ne puissent être exhaustifs compte tenu de la diversité des profils d'exploitations viticoles et des pratiques possibles, révèlent l'existence de problèmes liés à la conception du matériel de pulvérisation. Ces difficultés ne permettent pas de répondre aux besoins réels des viticulteurs et entraînent des situations d'exposition aux pesticides y compris pour du matériel neuf et haut de gamme.

Il est également essentiel de mettre en avant les autres situations d'exposition aux pesticides engendrées par celles liées à l'utilisation des pulvérisateurs. En effet, si l'agriculteur ou ses vêtements entrent en contact avec les produits et que cet agriculteur est amené ensuite à monter dans sa voiture ou rentrer à son domicile, cela crée de nouveaux risques dans d'autres environnements et liés à l'utilisation d'autres outils. De plus, ces environnements et outils peuvent concerner d'autres personnes présentes sur l'exploitation, ce qui n'est pas négligeable.

L'approche instrumentale permet de mettre en évidence l'inventivité et la créativité des utilisateurs au regard des évolutions qu'ils apportent à leurs propres schèmes et matériels. Dans le cadre de difficultés rencontrées et liées à la conception, ces genèses instrumentales peuvent cependant être à l'origine de genèses du risque au vu des compromis réguliers que les viticulteurs sont amenés à réaliser. Cela nous amène à constater l'intérêt d'intégrer l'approche instrumentale à l'ergotoxicologie pour viser une amélioration de la conception des pulvérisateurs viticoles. Avant d'aller plus loin, il convient cependant de s'interroger sur la formulation de cet apport méthodologique et théorique. Au-delà de l'intégration d'une approche à l'autre, il s'agit plutôt de réfléchir à un couplage et un enrichissement réciproque de ces deux approches pour viser une réflexion systémique à la formulation de repères pour la conception d'outils liés à l'usage de produits chimiques (voir Figure 7). En ce sens, des réflexions d'ordre épistémologique peuvent être menées. En effet, l'ergotoxicologie et l'approche instrumentale se rejoignent sur la conception qu'elles ont de la santé – à savoir que les hommes et les femmes au travail doivent disposer de possibilités d'action sur leur milieu pour se développer (Canguilhem, 1966). De plus, une similarité s'opère entre ces deux approches en ce qui concerne leur visée de transformation des situations de travail pour permettre le développement des activités et des dispositifs techniques et donc de la santé des hommes et des femmes au travail. Même si l'approche instrumentale mobilise davantage des méthodologies dialogiques, l'ergotoxicologie les mobilise également en complément d'outils de mesure afin de résoudre les énigmes que constituent les expositions aux produits chimiques. À ce niveau, il convient de questionner si l'usage de la mesure pour la mise en visibilité des expositions et des savoirs portés par les travailleurs constitue un empêchement à inscrire l'ergotoxicologie dans une perspective développementale. De notre point de vue, l'usage

de la mesure tel que pratiqué dans nos méthodologies s'inscrit dans cette perspective par cela même qu'il vise l'énonciation des activités avec les différents acteurs de la situation de travail exposés à des produits chimiques (Galey, 2019 ; Garrigou, 2011 ; Jolly *et al.*, 2021 ; Judon, 2017). L'ergotoxicologie vise à mettre en place une démarche d'analyse des expositions articulée à une approche réflexive afin de révéler l'exposition en tant qu'énigme, d'accroître la possibilité des travailleurs de se protéger dans leur activité et in fine de développer leur pouvoir d'agir (Clot, 2008 ; Rabardel, 2005).

Pour aller plus loin, le travail de recherche mené actuellement permet d'interroger l'activité des concepteurs et de comprendre les difficultés qu'ils rencontrent au cours des processus de conception. Cette compréhension doit nourrir un double questionnement : (1) comment ils intègrent l'activité de travail des utilisateurs dans le processus de conception, et (2) comment ils intègrent les textes réglementaires et les obligations qui pèsent sur eux en matière de prévention des risques professionnels. Effectivement, une diversité de réglementations pèse sur l'activité des concepteurs et cette diversité se caractérise par sa très grande complexité avec des problèmes d'articulation ce qui la rend difficilement applicable (Albert, 2020 ; Laurent *et al.*, 2016). Il conviendrait également d'interroger la place complexe qu'occupent les distributeurs dans ce contexte.

Au regard de ces différents « mondes professionnels » représentés par les utilisateurs, les concepteurs et les distributeurs, Béguin (2007a) insiste sur l'importance de construire un « monde commun ». En effet, « le travail de conception est un processus durant lequel des experts doivent articuler et coordonner des mondes professionnels différents pour faire œuvre commune » (p. 376). L'articulation des approches technocentrée et anthropocentrée réside dans la rencontre des processus de conception pour l'usage (par les concepteurs) et dans l'usage (par les utilisateurs) (Folcher, 2003). La compréhension de l'activité des concepteurs et des distributeurs est essentielle pour viser un dialogue entre des acteurs où les logiques engagées peuvent être contradictoires. Il s'agirait alors de favoriser des apprentissages mutuels (Béguin, 2007a, 2013 ; Béguin & Cerf, 2004) entre les utilisateurs, les distributeurs et les concepteurs « pour faire œuvre commune de prévention » (Judon, 2017, p. 302).

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à exprimer leurs remerciements aux viticulteurs et viticultrices ayant participé à l'étude. Les auteurs remercient également Fabienne Goutille, coordinatrice du projet PREVEXPO (Prévenir les Risques Ensemble en milieu Viticole à partir des conditions réelles d'EXPOSITIONS chimiques), de nous avoir permis de participer à ce projet – projet au sein duquel s'inscrit le travail de recherche présenté au sein de cet article.

RÉFÉRENCES

- Alavanja, M. C. R., & Bonner, M. R. (2005). Pesticides and human cancers. *Cancer Investigation*, 23(8), 700-711. <https://doi.org/10.1080/07357900500360008>
- Albert, M. (2020). Matériel agricole et expositions aux pesticides : L'intérêt d'une recherche pluridisciplinaire ergonomie et droit. *Revue Juridique de l'Environnement*, HS20, 95-108.
- Baldi, I., Cantagrel, A., Lebailly, P., Tison, F., Dubroca, B., Chrysostome, V., Dartigues, J.-F., & Brochard, P. (2003). Association between Parkinson's disease and exposure to pesticides in southwestern France. *Neuroepidemiology*, 22(5), 305-310. <https://doi.org/10.1159/000071194>
- Baldi, I., Filleul, L., Mohammed-Brahim, B., Fabrigoule, C., Dartigues, J.-F., Schwall, S., Drevet, J.-P., Salamon, R., & Brochard, P. (2001). Neuropsychologic effects of long-term exposure to pesticides: Results from the French Phytoner study. *Environmental Health Perspectives*, 109(8), 839-844.
- Baldi, I., Lebailly, P., Bouvier, G., Rondeau, V., Kientz-Bouchart, V., Canal-Raffin, M., & Garrigou, A. (2014). Levels and determinants of pesticide exposure in re-entry workers in vineyards: Results of the PESTEXPO study. *Environmental Research*, 132, 360-369. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.04.035>
- Baldi, I., Lebailly, P., Jean, S., Rougetet, L., Dulaurent, S., & Marquet, P. (2006). Pesticide contamination of workers in vineyards in France. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 16(2), 115-124. <https://doi.org/10.1038/sj.jea.7500443>
- Baldi, I., Lebailly, P., Mohammed-Brahim, B., Letenneur, L., Dartigues, J.-F., & Brochard, P. (2003). Neurodegenerative diseases and exposure to pesticides in the elderly. *American Journal of Epidemiology*, 157(5), 409-414. <https://doi.org/10.1093/aje/kwf216>
- Béguin, P. (2004). L'ergonome, acteur de la conception. In P. Falzon (Ed.), *Ergonomie* (pp. 375-390). Presses universitaires de France. <https://doi.org/10.3917/puf.falzo.2004.01.0375>
- Béguin, P. (2007a). Innovation et cadre sociocognitif des interactions concepteurs-opérateurs : Une approche développementale. *Le Travail Humain*, 70(4), 369-390.
- Béguin, P. (2007b). Prendre en compte l'activité de travail pour concevoir. *Activités*, 4(4-2), 107-114. <https://doi.org/10.4000/activites.1719>
- Béguin, P. (2013). La conception des instruments comme processus dialogique d'apprentissages mutuels. In P. Falzon (Ed.), *Ergonomie constructive* (pp. 147-160). Presses universitaires de France. <https://doi.org/10.3917/puf.falzo.2013.01.0147>
- Béguin, P., & Cerf, M. (2004). Formes et enjeux de l'analyse de l'activité pour la conception des systèmes de travail. *Activités*, 1(1-1), 54-71. <https://doi.org/10.4000/activites.1156>
- Béguin, P., & Pueyo, V. (2011). Quelle place au travail des agriculteurs dans la fabrication d'une agriculture durable? *Perspectives Interdisciplinaires sur le Travail et la Santé*, 13(1). <https://doi.org/10.4000/pistes.1708>
- Béguin, P., & Rabardel, P. (2000). Concevoir pour les activités instrumentées. *Revue d'Intelligence Artificielle*, 14(1-2), 35-54.
- Bourmaud, G. (2006). *Les systèmes d'instruments : Méthodes d'analyse et perspectives de conception* [Thèse de doctorat en psychologie]. Université Paris 8.
- Bourmaud, G. (2013). De l'analyse des usages à la conception des artefacts : Le développement des instruments. In P. Falzon (Ed.), *Ergonomie constructive* (pp. 161-174). Presses universitaires de France. <https://doi.org/10.3917/puf.falzo.2013.01.0161>

- Canguilhem, G. (1966). *Le normal et le pathologique*. Presses universitaires de France.
- Cerf, M. (1996). Les connaissances mobilisées par des agriculteurs pour la conception et la mise en œuvre de dispositifs d'intervention culturale. *Le Travail Humain*, 59(4), 305-333.
- Cerf, M., Jeuffroy, M.-H., Prost, L., & Meynard, J.-M. (2012). Participatory design of agricultural decision support tools: Taking account of the use situations. *Agronomy for Sustainable Development*, 32(4), 899-910. <https://doi.org/10.1007/s13593-012-0091-z>
- Cerf, M., & Sagory, P. (2004). Agriculture et développement agricole. In P. Falzon (Ed.), *Ergonomie* (pp. 621-632). Presses universitaires de France.
- Cerf, M., & Taverner, M. (2009). Interactions entre concepteurs et utilisateurs autour d'outils pour raisonner la lutte contre la sclérotinia. In É. de Turckheim, B. Hubert, & A. Messéan (Eds.), *Concevoir et construire la décision* (pp. 101-121). Quæ « Update Sciences & Technologies ».
- Champoux, D., Jolly, C., Beaugrand, S., & Tuduri, L. (2018). *Prévention de l'exposition cutanée aux pesticides chez les producteurs de pommes et facteurs influençant le port des vêtements de protection* (Rapport scientifique R-1021) [Rapport de recherche]. IRSST.
- Clot, Y. (2008). *Travail et pouvoir d'agir*. Presses universitaires de France.
- Coutarel, F., Caroly, S., Vézina, N., & Daniellou, F. (2015). Marge de manœuvre situationnelle et pouvoir d'agir : Des concepts à l'intervention ergonomique. *Le Travail Humain*, 78(1), 9-29. <https://doi.org/10.3917/th.781.0009>
- Daniellou, F. (2004). L'ergonomie dans la conduite de projets de conception de systèmes de travail. In P. Falzon (Ed.), *Ergonomie* (pp. 359-373). Presses universitaires de France. <https://doi.org/10.3917/puf.falzo.2004.01.0359>
- Darses, F., & Reuzeau, F. (2004). Participation des utilisateurs à la conception des systèmes et dispositifs de travail. In P. Falzon (Ed.), *Ergonomie* (pp. 405-420). Presses universitaires de France. <https://doi.org/10.3917/puf.falzo.2004.01.0405>
- Falzon, P. (2005). Ergonomie, conception et développement. *40ème Congrès de la SELF*. Conférence introductive, Saint Denis, La Réunion.
- Falzon, P. (2013). Pour une ergonomie constructive. In P. Falzon (Ed.), *Ergonomie constructive* (pp. 1-16). Presses universitaires de France. <https://doi.org/10.3917/puf.falzo.2013.01.0001>
- Folcher, V. (2003). Appropriating artifacts as instruments: When design-for-use meets design-in-use. *Interacting with Computers*, 15(5), 647-663. [https://doi.org/10.1016/S0953-5438\(03\)00057-2](https://doi.org/10.1016/S0953-5438(03)00057-2)
- Folcher, V., & Rabardel, P. (2004). Hommes, artefacts, activités : Perspective instrumentale. In P. Falzon (Ed.), *Ergonomie* (pp. 251-268). Presses universitaires de France.
- Galey, L. (2019). *Comprendre les situations d'exposition aux nanoparticules par l'intégration de l'activité de travail à la mesure : Vers une construction de la prévention* [Thèse de doctorat en ergonomie]. Université de Bordeaux.
- Galey, L., Judon, N., Jolly, C., Goutille, F., Morelot, S., Albert, M., Lhospital, O., Martin, P., Noel-Suberville, C., Pasquereau, P., Aublet-Cuvelier, A., Mohammed-Brahim, B., & Garrigou, A. (2019). Proposition méthodologique en ergotoxicologie pour révéler les expositions à des produits chimiques. *Activités*, 16(1), 1-27.
- Garrigou, A. (1992). *Les apports des confrontations d'orientation socio-cognitives au sein de processus de conception participatifs : Le rôle de l'ergonomie*. [Thèse de doctorat en ergonomie]. Conservatoire national des arts et métiers.
- Garrigou, A. (2011). *Le développement de l'ergotoxicologie : Une contribution de l'ergonomie à la santé au travail* [Habilitation à diriger des recherches]. Université Victor Segalen Bordeaux 2.

- Garrigou, A., Baldi, I., & Dubuc, P. (2008). Apports de l'ergotxicologie à l'évaluation de l'efficacité réelle des EPI devant protéger du risque phytosanitaire : De l'analyse de la contamination au processus collectif d'alerte. *Perspectives Interdisciplinaires sur le Travail et la Santé*, 10(1). <https://doi.org/10.4000/pistes.2137>
- Garrigou, A., Baldi, I., & Jackson, M. (2012). The use of pesticides in French viticulture: A badly controlled technology transfer! *Work*, 41(Supplement 1), 19-25. <https://doi.org/10.3233/WOR-2012-0130-19>
- Garrigou, A., Baldi, I., Le Frious, P., Anselm, R., & Vallier, M. (2011). Ergonomics contribution to chemical risks prevention: An ergotoxicological investigation of the effectiveness of coverall against plant pest risk in viticulture. *Applied Ergonomics*, 42(2), 321-330. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2010.08.001>
- Garrigou, A., Bellemare, M., & Richard, J.-G. (1998). Une démarche de simulation des activités futures au sein des projets de conception. *Performances Humaines et Techniques*, 97, 30-39.
- Garrigou, A., Peeters, S., Jackson, M., Sagory, P., & Carballeda, G. (2004). Apports de l'ergonomie à la prévention des risques professionnels. In P. Falzon (Ed.), *Ergonomie* (pp. 497-514). Presses universitaires de France.
- Garrigou, A., Théry, L., Chassaing, K., Effantin, E., Mercieca, P., Dimerman, S., Vanderghote, M., Négroni, P., Gauthier, P., Goutille, F., Galey, L., Rambaud, C., Laporte, E., Merlin, X., Vergneaux, L., & Baratta, R. (2015). Une approche pluridisciplinaire du processus de construction sociale de la prévention du risque CMR. 50^e congrès de la SELF, La Rochelle, 476-489.
- Garrigou, A., Thibault, J.-F., Jackson, M., & Mascia, F. (2001). Contributions et démarche de l'ergonomie dans les processus de conception. *Perspectives Interdisciplinaires sur le Travail et la Santé*, 3(2). <https://doi.org/10.4000/pistes.3725>
- Garza, C. de la, & Fadier, E. (2004). Sécurité et prévention : Repères juridiques et ergonomiques. In P. Falzon (Ed.), *Ergonomie* (pp. 159-174). Presses universitaires de France.
- Guérin, F., Laville, A., Daniellou, F., Duraffourg, J., & Kerguelen, A. (2006). *Comprendre le travail pour le transformer la pratique de l'ergonomie*. ANACT.
- Jolly, C., Beaugrand, S., Tuduri, L., Ledoux, É., & Garrigou, A. (2021). *Mise en visibilité des situations d'exposition cutanée aux pesticides et des pratiques de prévention. Développement méthodologique réalisé en collaboration avec des producteurs de pommes québécois* (Rapport scientifique R-1132) [Rapport de recherche]. IRSST.
- Jourdan, M. (1990). *Développement technique dans l'exploitation agricole et compétence de l'agriculteur*. [Thèse de doctorat en ergonomie]. Conservatoire national des arts et métiers.
- Judon. (2017). *Rendre possible un espace intermédiaire de dialogue pour co-construire de nouvelles solutions de prévention dans un contexte d'incertitude. Cas des travaux de revêtements routiers* [Thèse de doctorat en ergonomie]. Université de Bordeaux.
- Judon, N., Galey, L., de Almeida, V. S.-D., & Garrigou, A. (2019). Contributions of participatory ergonomics to the involvement of workers in chemical risk prevention projects. *Work*, 64(3), 651-660. <https://doi.org/10.3233/WOR-193001>
- Judon, N., Hella, F., Pasquereau, P., & Garrigou, A. (2015). Vers une prévention intégrée du risque chimique lié à l'exposition cutanée au bitume des travailleurs de la route. Élaboration d'une méthodologie dans le cadre de l'ergotoxicologie. *Perspectives Interdisciplinaires sur le Travail et la Santé*, 17(2). <https://doi.org/10.4000/pistes.4586>

- Kamel, F., & Hoppin, J. A. (2004). Association of pesticide exposure with neurologic dysfunction and disease. *Environmental Health Perspectives*, 112(9), 950-958. <https://doi.org/10.1289/ehp.7135>
- Lacroix, D., Garrigou, A., Maline, J., Hamon, K., Mérim, S., Pasquereau, P., & Bernon, J. (2011). Les apports à la prévention d'une approche multicritères et pluridisciplinaire des expositions aux pesticides. *46^e congrès de la SELF*, Paris, 277-281.
- Lacroix, D., Richardson, J., & Grimbuhler, S. (2013). Concevoir des pulvérisateurs pour réduire l'exposition aux pesticides chez les agriculteurs : Intervention dans le vignoble. *48^e congrès de la SELF*, Paris, 480-488.
- Laurent, C., Baldi, I., Bernadac, G., Berthet, A., Colosio, C., Garrigou, A., Grimbuhler, S., Guichard, L., Jas, N., Jouzel, J.-N., Lebailly, P., Milhaud, G., Samuel, O., Spinosi, J., & Wavresky, P. (2016). *Expositions professionnelles aux pesticides en agriculture* [Rapport d'expertise collective 2011-SA-0192]. Agence Nationale de Sécurité de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail.
- 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(1), 69-81.
- Lefort, B. (1982). L'emploi des outils au cours de tâches d'entretien et la loi de Zipf-Mandelbrot. *Le Travail Humain*, 45(2), 307-316.
- Lesmes-Fabian, C., Garcia-Santos, G., Leuenberger, F., Nuytens, D., & Binder, C. R. (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. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.04.019>
- Mohammed-Brahim, B. (1996). *Du point de vue du travail ou comment sulfater la vigne autrement. Approche ergotoxicologique du traitement phytosanitaire en viticulture*. [Mémoire de DESS en ergonomie]. Université de Bordeaux.
- Mohammed-Brahim, B., & Garrigou, A. (2009). Une approche critique du modèle dominant de prévention du risque chimique : L'apport de l'ergotoxicologie. *Activités*, 6(6-1), 49-67. <https://doi.org/10.4000/activites.2086>
- Mohammed-Brahim, B., Garrigou, A., & Pasquereau, P. (2003). Quelles formes d'analyse de l'activité de travail en ergotoxicologie ? *38^e Congrès de la SELF*, Paris, 467-474.
- Nijimbere, C. (2013). Approche instrumentale et didactiques : Apports de Pierre Rabardel. *Adjectif*, 1-7.
- Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies ; approche cognitive des instruments contemporains*. Armand Colin.
- Rabardel, P. (2005). Instrument, activité et développement du pouvoir d'agir. In P. Lorino & R. Teulier (Eds.), *Entre connaissance et organisation : L'activité collective* (pp. 251-265). La Découverte.
- Rabardel, P., Carlin, N., Chesnais, M., Lang, N., Le Joliff, G., & Pascal, M. (2014). *Ergonomie : Concepts et méthodes*. Octarès.
- Ramwell, C. T., Johnson, P. D., Boxall, A. B., & Rimmer, D. A. (2004). Pesticide residues on the external surfaces of field-crop sprayers: Environmental impact. *Pest Management Science*, 60(8), 795-802. <https://doi.org/10.1002/ps.870>
- Ramwell, C. T., Johnson, P. D., Boxall, A. B., & Rimmer, D. A. (2005). Pesticide residues on the external surfaces of field crop sprayers: Occupational exposure. *The Annals of Occupational Hygiene*, 49(4), 345-350. <https://doi.org/10.1093/annhyg/meh101>
- Samurçay, R., & Rabardel, P. (2004). Modèles pour l'analyse de l'activité et des compétences, propositions. In R. Samurçay & P. Pastré (Eds.), *Recherches en Didactique Professionnelle* (pp. 163-180). Octarès.
- Sznclwar, L. I. (1992). *Analyse ergonomique de l'exposition de travailleurs agricoles aux pesticides. Essai ergo-toxicologique*. [Thèse de doctorat en ergonomie]. Conservatoire national des arts et métiers.

- Wigle, D. T., Arbuckle, T. E., Turner, M. C., Bérubé, A., Yang, Q., Liu, S., & Krewski, D. (2008). Epidemiologic evidence of relationships between reproductive and child health outcomes and environmental chemical contaminants. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B*, 11(5-6), 373-517. <https://doi.org/10.1080/10937400801921320>

Manuscrit reçu / *Received* : Juillet/July 2020

Accepté par /*Accepted by* A. Aublet-Cuvelier : Avril/April 2021