



**HAL**  
open science

# Comprendre les situations d'exposition aux pesticides lors de l'utilisation des pulvérisateurs. La conception et la réglementation comme chaîne de déterminants

Marion Albert

► **To cite this version:**

Marion Albert. Comprendre les situations d'exposition aux pesticides lors de l'utilisation des pulvérisateurs. La conception et la réglementation comme chaîne de déterminants. Psychologie. Université de Bordeaux, 2022. Français. NNT : 2022BORD0265 . tel-03869655

**HAL Id: tel-03869655**

**<https://theses.hal.science/tel-03869655>**

Submitted on 24 Nov 2022

**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.

THÈSE PRÉSENTÉE  
POUR OBTENIR LE GRADE DE

**DOCTEUR DE  
L'UNIVERSITÉ DE BORDEAUX**

ÉCOLE DOCTORALE SOCIÉTÉS, POLITIQUE, SANTÉ PUBLIQUE (SP2)  
SPÉCIALITÉ SCIENCES COGNITIVES ET ERGONOMIE OPTION ERGONOMIE

Par **Marion ALBERT**

**Comprendre les situations d'exposition aux pesticides lors de  
l'utilisation des pulvérisateurs  
La conception et la réglementation comme chaîne de déterminants**

Sous la direction de : Alain GARRIGOU

Co-direction : Alexandre CHARBONNEAU

Soutenue publiquement le 05 octobre 2022

Membres du jury :

<b>Isabelle BALDI</b> , Professeure des Universités – PH, Université de Bordeaux, INSERM	Présidente et examinatrice
<b>Pascal BÉGUIN</b> , Professeur des Universités, Université Lumière Lyon 2, IETL	Rapporteur
<b>Marianne CERF</b> , Directrice de recherches, INRAE	Rapporteuse
<b>Sophie FANTONI-QUINTON</b> , Professeure des Universités – PH, Université de Lille, CRDP	Examinatrice
<b>Jean-Noël JOUZEL</b> , Directeur de recherche, CNRS, CSO Sciences Po Paris	Examineur
<b>Pierre-Yves VERKINDT</b> , Professeur émérite, Université Paris 1, Panthéon Sorbonne, IRJS	Examineur
<b>Hervé LANOUZIÈRE</b> , Directeur de l'INTEFP, Lyon	Invité
<b>Alain GARRIGOU</b> , Professeur des Universités, Université de Bordeaux, INSERM	Directeur de thèse
<b>Alexandre CHARBONNEAU</b> , Maître de conférences, Université de Bordeaux, COMPTRASEC	Co-directeur de thèse



## REMERCIEMENTS

Mes premiers remerciements s'adressent aux différents professionnels qui ont accepté de participer à ce projet de recherche. Leur confiance, leur accueil, leur temps accordé et l'accès privilégié à leur activité ont été extrêmement précieux pour mener à bien cette thèse.

J'adresse ensuite mes remerciements à mon directeur de thèse Alain Garrigou pour sa confiance, sa disponibilité, son soutien et ses encouragements tout au long de ce travail. Son accompagnement durant ces années de recherche a été riche d'enseignements et d'opportunités.

Je remercie sincèrement Alexandre Charbonneau pour sa confiance, et ce, dès la construction du projet de recherche. Sa disponibilité, ses conseils et sa patience ont été d'une aide précieuse pour relever le défi de ce projet transdisciplinaire en ergonomie et en droit.

Je tiens également à remercier les membres du jury – Marianne Cerf, Pascal Béguin, Isabelle Baldi, Pierre-Yves Verkindt, Sophie Fantoni-Quinton, Jean-Noël Jouzel et Hervé Lanouzière – qui ont accepté d'évaluer ce travail.

Je remercie Flore Barcellini, Didier Morin, Valérie Pueyo, Franck Héas et Michel Miné d'avoir accepté de participer aux comités de suivi de thèse. Leurs retours et leurs remarques ont précieusement permis d'enrichir ma réflexion.

Je remercie tout particulièrement l'Équipe EPICENE du centre INSERM U1219 Bordeaux Population Health de l'Université de Bordeaux pour son accueil et sa confiance tout au long de ce projet. J'adresse une pensée toute particulière à Christel Dantas qui a grandement participé à son bon déroulement.

Cette thèse s'inscrit dans le cadre du Parcours Doctoral National Santé Travail et je tiens à remercier les membres du conseil scientifique pour l'intérêt qu'ils ont manifesté à l'égard du projet. Mes remerciements s'adressent ensuite à l'équipe coordinatrice (Alain Garrigou, Christophe Paris, Véronique Daubas-Letourneux et Emmanuelle Denieul) et aux autres doctorants du parcours (Déborah, Vanessa, Alexis, Lucie, Louis, Guillaume et Alice) pour les différentes rencontres qui ont permis des échanges constructifs.



Pour le soutien qu'ils ont accordé au projet et les occasions très enrichissantes d'en présenter les avancées, je témoigne ma gratitude au Bureau de la santé et de la sécurité au travail du ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, aux membres du Conseil d'Orientation des Conditions de Travail, à la Mutualité Sociale Agricole de la Gironde et des Charentes, au Syndicat français des acteurs industriels de la filière des agroéquipements AXEMA, à l'AgriNovo Technopole et à Inno'Vin.

Pour la gestion et l'analyse des prélèvements, j'adresse mes remerciements au laboratoire EPOC de l'Université de Bordeaux.

Pour son aide précieuse à la rédaction et à la gestion des dossiers en réponse aux appels à projets, je remercie très sincèrement Élodie Martin, chargée de projets financements nationaux à l'Université de Bordeaux.

Mes remerciements et pensées vont également à toute l'équipe de l'IUT HSE de l'Université de Bordeaux. Votre soutien – autant moral que logistique – a été essentiel tout au long de ce travail. J'adresse une pensée toute particulière à Pierrick Pasquereau. Son aide a été et continuera d'être inestimable. Je remercie également toute l'équipe pour la confiance qu'elle m'a accordée pour la réalisation de nombreux enseignements. Émilie Le Guen, Valérie Serin et Marion Tissier, merci pour votre temps et votre aide à l'organisation et à la gestion de ces enseignements. La prise de recul opérée lors de leur réalisation, le partage et le transfert de connaissances ont représenté et représentent un travail très enrichissant qui, je le souhaite, sera amené à continuer. C'est donc également l'occasion d'adresser mes remerciements à l'ensemble des étudiants rencontrés.

Un très grand merci à toute l'équipe de chercheurs, de doctorants et de stagiaires avec qui j'ai pu échanger tout au long de ces quatre années : Nathalie Judon, Louis Galey, Caroline Jolly, Fabienne Goutille, Julie Dedieu, Julie Fredj, Jean Larbaigt, Thierry Viallesoubranne, Adeline Masson, Sylvain Ilboudo, Bayili Bazoma, Lorelei Limerat-Allusson, Ella Bordai, Adrien Morvan, Alexandre Wartel, Claire Violleau, Valentin Lamarque, Marilène Sériau, Elhadj Mariko, ... et Sarah Morelot à qui j'adresse une pensée plus particulière pour tous les moments partagés ensemble dans le bureau à l'IUT HSE.

Pour son accompagnement, son aide, son écoute et ses conseils tout au long du projet de thèse, je remercie très sincèrement Nathalie Judon.

Je souhaite également remercier Damien Cromer pour ses conseils et les nombreuses discussions qui ont permis d'enrichir mes réflexions.

Une pensée à mes collègues et amis du master d'ergonomie de l'Université de Bordeaux avec qui je continue de passer de précieux moments : Antoine, Valentin, Robin, Mawa, Julien, Olivia et j'adresse une pensée particulière à Camille avec qui j'ai débuté la recherche en ergonomie au CNAM il y a cinq ans.

Une pensée particulière à mon binôme de master et ami Anthony avec qui j'ai partagé ma première intervention en ergonomie. Depuis, son soutien ainsi que celui de sa famille (Domi, Thierry, Julie, Thomas et Marion) ont été et resteront essentiels.

Des remerciements chaleureux à ma famille pour leur soutien, Béatrice, Jean-Marc, Monique, Hubert, Sébastien, Nolwenn, Antonin, Apolline, Aurélien, Simon et les bbtchos (Bambou, Lanslo, Snau et Indiana). Je remercie plus particulièrement mes parents, Béatrice et Jean-Marc, pour leur confiance et leur aide tout au long de ces nombreuses années d'études.

Famille plus éloignée ou tout comme, je pense aussi à Christelle, Marie-France, Émilien, Émeline, Sylvie, Christiane, Rémy, Monique et Gérard.

Une pensée à mes amis, si présents et essentiels, Clémentine, Marina, Arnaud, Maxime, Margaux, Valentine, Kilian, Marion, Emma, Julie, Sébastien, Jeanne, Émilie, Adrien, Nathalie, Sophie et Damien.

Je remercie très sincèrement Marie-Christine et Jacques, relecteurs courageux qui ont accepté de se prêter au jeu dans les dernières semaines.

Enfin, pour leur soutien inestimable dans la dernière ligne droite, Aurélien, Simon, Damien, Marion et Mawa, merci, merci, merci.



# TABLE DES MATIERES

Liste des figures.....	17
Liste des tableaux .....	21
Liste des abréviations .....	24
<b>INTRODUCTION GÉNÉRALE.....</b>	<b>27</b>
<b>PREMIÈRE PARTIE : CONTEXTE DE LA RECHERCHE.....</b>	<b>31</b>
<b>Chapitre 1. Les pesticides .....</b>	<b>32</b>
1.1. Le contexte d’usage des pesticides.....	32
1.1.1. Les éléments de définition.....	32
1.1.2. Les maladies et ravageurs.....	33
1.1.3. Les modes de production et pratiques agricoles.....	34
1.1.4. Les traitements .....	35
1.2. La toxicité et les effets sur la santé des pesticides .....	36
1.2.1. Les éléments sur la toxicité .....	36
1.2.2. Les effets sur la santé .....	38
1.3. Le contexte réglementaire encadrant la mise sur le marché des pesticides.....	39
1.3.1. Le droit international .....	39
1.3.2. Le droit européen.....	41
1.3.3. Le droit national .....	44
<b>Chapitre 2. Les expositions professionnelles aux pesticides .....</b>	<b>46</b>
2.1. Le cas du travail agricole.....	46
2.2. Le contexte réglementaire encadrant l’utilisation des pesticides en matière de santé et de sécurité.....	49
2.2.1. Le droit international .....	49
2.2.2. Le droit européen.....	50
2.2.3. Le droit national .....	53
2.3. Les actions de prévention .....	54
2.3.1. Les acteurs de la prévention extérieurs à l’entreprise .....	55
2.3.2. Le plan national ECOPHYTO.....	56
2.3.3. Le plan santé au travail.....	57
2.4. La reconnaissance des maladies professionnelles .....	58

2.4.1. La procédure de reconnaissance .....	58
2.4.2. La réparation des dommages subis .....	61
<b>Chapitre 3. Le matériel agricole destiné à l'application des pesticides .....</b>	<b>64</b>
3.1. Les agroéquipements .....	64
3.2. L'utilisation des pulvérisateurs .....	67
3.2.1. Les caractéristiques et fonctions des pulvérisateurs .....	67
3.2.2. La tâche de pulvérisation .....	69
3.2.3. Le pulvérisateur : déterminant technique des situations d'exposition professionnelle aux pesticides .....	71
3.3. Le droit européen applicable à la conception des machines destinées à l'application des pesticides .....	74
3.3.1. La directive 2006/42/CE dite « <i>directive machines</i> » .....	74
3.3.2. Le règlement (UE) n°167/2013 .....	78
3.3.3. Le dispositif d'harmonisation au niveau européen : la « <i>nouvelle approche</i> » .....	79
3.3.4. L'effectivité et l'efficacité du droit européen .....	83
3.4. La normalisation technique .....	86
3.4.1. Les organismes de normalisation .....	87
3.4.2. L'élaboration des normes .....	89
3.5. Le contexte de densification normative .....	90
3.5.1. La diversité des intérêts en cause .....	91
3.5.2. L'exemple de la normalisation technique .....	92
3.5.3. Une portée juridique incertaine des normes harmonisées dans le cadre de la « <i>nouvelle approche</i> » .....	93
<b>Chapitre 4. Discussion intermédiaire du contexte de la recherche .....</b>	<b>95</b>
4.1. Éléments de synthèse et discussion .....	95
4.2. Questions de recherche .....	97
<b>DEUXIÈME PARTIE : CADRE THÉORIQUE .....</b>	<b>99</b>
<b>Chapitre 5. L'ergotoxicologie comme pratique particulière de l'ergonomie .....</b>	<b>100</b>
5.1. Une nécessaire référence aux concepts de l'ergonomie de l'activité .....	100
5.1.1. L'activité et la tâche .....	101
5.1.2. Un modèle de l'Homme multidimensionnel .....	103
5.1.3. Adapter le travail à l'Homme .....	104
5.1.4. Une conception développementale de la santé .....	106

5.2. Approche historique de l'ergotoxicologie .....	107
5.3. Approche critique des méthodes expérimentales .....	108
5.3.1. Remise en cause du « <i>modèle par écrans</i> ».....	108
5.3.2. Un modèle de confrontations hétérogènes de connaissances .....	110
5.4. Résoudre l'énigme de l'exposition aux substances chimiques .....	111
5.4.1. L'exposition : une énigme .....	111
5.4.2. Les déterminants de l'activité.....	113
5.4.3. L'activité sous dépendance d'une diversité d'acteurs .....	114
5.4.4. La démarche d'intervention en ergotoxicologie.....	116
5.4.5. Une action à différents niveaux .....	119
<b>Chapitre 6. L'approche instrumentale .....</b>	<b>122</b>
6.1. Limites des approches technocentrée et normative en conception.....	122
6.1.1. L'approche technocentrée en conception .....	122
6.1.2. L'approche normative en conception .....	125
6.1.3. Pour une approche des techniques centrées sur l'Homme .....	128
6.2. L'activité médiatisée par les instruments .....	128
6.2.1. L'artefact .....	129
6.2.2. Les schèmes.....	129
6.2.3. L'instrument .....	130
6.3. Les genèses instrumentales .....	131
6.3.1. Le processus d'instrumentalisation .....	131
6.3.2. Le processus d'instrumentation.....	131
6.3.3. Les catachrèses .....	132
6.3.4. La contribution des utilisateurs à la conception .....	132
6.3.5. Inscription des genèses instrumentales dans le processus de conception .....	133
<b>Chapitre 7. Discussion intermédiaire du cadre théorique .....</b>	<b>135</b>
7.1. Éléments de synthèse et discussion .....	135
7.2. Problématique.....	136
7.3. Hypothèses de recherche .....	136
<b>TROISIÈME PARTIE : RECUEIL, ANALYSE DES DONNÉES ET RÉSULTATS..</b>	<b>139</b>
<b>Chapitre 8. Construction de la démarche avec les différents acteurs .....</b>	<b>140</b>
8.1. Les acteurs associés au machinisme agricole et à la prévention .....	141

8.2. Les fabricants de pulvérisateurs .....	141
8.3. Les exploitations viticoles .....	143
8.4. Les acteurs en charge de l'élaboration de la réglementation.....	143
<b>Chapitre 9. Les activités de traitement avec pulvérisateur .....</b>	<b>144</b>
9.1. Objectifs de recherche .....	144
9.2. Méthodologie de recherche .....	144
9.2.1. Les terrains d'étude .....	144
9.2.2. Recueil des données .....	147
9.2.2.1. Les observations filmées .....	147
9.2.2.2. Les entretiens d'autoconfrontation .....	149
9.2.2.3. Les prélèvements d'eaux de lavage de mains .....	150
9.2.3. Le traitement des données .....	154
9.2.3.1. Analyse des observations filmées.....	154
9.2.3.2. Analyse des entretiens d'autoconfrontation .....	157
9.2.3.3. Analyse des prélèvements .....	158
9.3. Résultats .....	159
9.3.1. La préparation des produits .....	160
9.3.1.1. Des situations d'exposition aux pesticides .....	160
9.3.1.2. Des genèses instrumentales .....	167
9.3.2. L'application des produits .....	168
9.3.2.1. Des difficultés d'usage .....	168
9.3.2.2. Des situations d'exposition aux pesticides .....	178
9.3.2.3. Des genèses instrumentales .....	189
9.3.3. Le nettoyage du matériel .....	192
9.3.3.1. Des situations d'exposition aux pesticides .....	192
9.3.3.2. Des genèses instrumentales .....	197
9.4. Conclusion : réponse à la première hypothèse .....	197
9.4.1. Le pulvérisateur : un instrument au service de l'action.....	198
9.4.2. Des genèses instrumentales aux genèses du risque .....	198
9.4.3. Des difficultés d'usage et des situations d'exposition aux pesticides .....	199
9.4.4. Des arbitrages entre des critères de production et de protection .....	200
9.4.5. Le pulvérisateur : déterminant technique des activités de traitement .....	201

## **Chapitre 10. La place du travail réel des agriculteurs dans les activités de conception 202**

10.1. Objectifs de recherche .....	202
10.2. Méthodologie de recherche .....	203
10.2.1. Le terrain d'étude .....	203
10.2.2. Le développement de la nouvelle gamme de pulvérisateurs .....	203
10.2.2.1. L'équipe projet .....	204
10.2.2.2. Le calendrier de notre participation.....	204
10.2.3. Le recueil des données .....	206
10.2.3.1. Les observations .....	206
10.2.3.2. Les entretiens.....	207
10.2.4. Le traitement des données .....	208
10.2.4.1. Analyse des observations .....	208
10.2.4.2. Analyse des entretiens .....	208
10.3. Résultats .....	209
10.3.1. Généralités sur le processus de conception .....	210
10.3.2. Les enjeux liés au processus de conception .....	210
10.3.2.1. L'innovation .....	210
10.3.2.2. Les délais .....	211
10.3.2.3. La qualité et les coûts .....	213
10.3.3. La prise en compte des besoins réels des agriculteurs .....	214
10.3.3.1. Une diversité de situations de travail et de besoins à anticiper .....	214
10.3.3.2. Pas de techniques d'analyse des usages des agriculteurs .....	216
10.3.3.3. Une faible représentativité des agriculteurs .....	218
10.3.4. La prise en compte des risques .....	219
10.3.4.1. De quels risques parlent les concepteurs ? .....	219
10.3.4.2. Les risques de contamination aux pesticides.....	220
10.3.5. La place de la technique .....	222
10.4. Conclusion : réponse à la deuxième hypothèse .....	223
10.4.1. Le processus de conception au prisme de différents enjeux .....	223
10.4.2. Une conception principalement orientée sur la technique.....	224
10.4.3. Une représentation lacunaire de l'activité des agriculteurs .....	225
10.4.4. Les activités de conception : déterminants de la conception des pulvérisateurs	226



<b>Chapitre 11. La réglementation dans et pour la conception</b> .....	227
11.1. Objectifs de recherche .....	227
11.2. Méthodologie de recherche .....	228
11.2.1. Le terrain d'étude .....	228
11.2.1.1. Les concepteurs .....	228
11.2.1.2. Les acteurs en charge de l'élaboration des normes techniques .....	228
11.2.2. Le recueil des données .....	229
11.2.2.1. Les entretiens avec les concepteurs.....	229
11.2.2.2. Les entretiens avec les acteurs en charge de l'élaboration des normes techniques (1) .....	229
11.2.2.3. Les normes juridiques et techniques applicables à la conception des pulvérisateurs.....	230
11.2.3. Le traitement des données .....	231
11.2.3.1. Analyse des entretiens menés avec les concepteurs .....	231
11.2.3.2. Analyse des entretiens menés avec les acteurs en charge de l'élaboration des normes techniques (1) .....	232
11.2.3.3. Analyse du contenu des normes juridiques et techniques applicables à la conception des pulvérisateurs (1) .....	232
11.3. Résultats .....	233
11.3.1. La réglementation applicable à la conception des pulvérisateurs .....	234
11.3.1.1. La « <i>nouvelle approche</i> » .....	234
11.3.1.2. L'intérêt des normes harmonisées .....	235
11.3.1.3. L'intégration des spécifications techniques au cours du processus de conception des pulvérisateurs.....	236
11.3.2. L'identification des normes techniques à appliquer pour la conception des pulvérisateurs.....	237
11.3.2.1. La diversité des normes techniques.....	237
11.3.2.2. Le phénomène d'autoréférencement .....	238
11.3.2.3. Des niveaux de difficultés différents selon les constructeurs.....	241
11.3.2.4. L'importance de la veille réglementaire.....	242
11.3.3. L'application des exigences réglementaires.....	243
11.3.3.1. Des contraintes liées à l'évolution des exigences réglementaires .....	243
11.3.3.2. Des contraintes liées au contenu et à la diversité des normes techniques à prendre en compte .....	245
11.3.3.3. Des inadéquations avec les besoins réels des agriculteurs .....	246

11.3.3.4.	La réglementation comme moyen de se protéger.....	246
11.3.4.	Les manquements des concepteurs aux exigences réglementaires pour la prise en compte des risques.....	247
11.3.4.1.	Les exigences essentielles de la directive machines .....	247
11.3.4.2.	Les spécifications des normes EN ISO 4254-1 et EN ISO 4254-6.....	249
11.3.4.3.	Les spécifications de la norme EN ISO 12100.....	252
11.3.5.	Des manquements peu répréhensibles.....	252
11.3.5.1.	Des formulations empreintes d'approximations.....	252
11.3.5.2.	Le recours aux mesures de protection et d'information.....	254
11.3.5.3.	Des normes juridiques et techniques lacunaires.....	255
11.3.6.	Des exigences réglementaires lacunaires dans la prise en compte du travail réel des agriculteurs .....	257
11.3.6.1.	Des exigences réglementaires dénuées de méthodologies .....	257
11.3.6.2.	Une vision réductrice de l'Homme et de son activité de travail .....	259
11.3.6.3.	Des usages prescrits par la réglementation et les fabricants .....	261
11.3.7.	Des exigences réglementaires lacunaires dans la prise en compte des situations d'exposition aux pesticides .....	262
11.3.7.1.	Les exigences essentielles de la « <i>directive machines</i> » .....	262
11.3.7.2.	Le pulvérisateur comme machine ne présentant pas un potentiel important de risques à l'utilisation.....	262
11.3.7.3.	Les exigences essentielles de la directive 2009/127/CE .....	263
11.3.7.4.	Les spécifications techniques de la norme EN ISO 4254-6 .....	266
11.3.7.5.	La protection en cabine .....	270
11.4.	Conclusion : réponse à la troisième hypothèse .....	274
11.4.1.	Les activités de conception doivent tenir compte d'une diversité d'exigences réglementaires .....	275
11.4.2.	Une dimension contraignante source d'incertitudes .....	276
11.4.3.	Le contenu des normes juridiques et techniques complexifie la prise en compte du travail réel des agriculteurs.....	277
11.4.4.	La réglementation : un des déterminants des activités de conception.....	278
<b>Chapitre 12.</b>	<b>Un contexte réglementaire à l'épreuve des intérêts en cause.....</b>	<b>279</b>
12.1.	Objectifs de recherche .....	279
12.2.	Méthodologie de recherche .....	280
12.2.1.	Le terrain d'étude .....	280
12.2.1.1.	Les acteurs en charge de l'élaboration de la réglementation.....	280

12.2.2. Le recueil des données .....	280
12.2.2.1. Les entretiens avec les acteurs en charge de l'élaboration des normes techniques (2) .....	280
12.2.2.2. Les normes juridiques et techniques applicables à la conception des pulvérisateurs.....	280
12.2.3. Le traitement des données .....	281
12.2.3.1. Analyse des entretiens menés avec les acteurs en charge de l'élaboration des normes techniques (2) .....	281
12.2.3.2. Analyse du contenu des normes juridiques et techniques applicables à la conception des pulvérisateurs (2) .....	282
12.3. Résultats .....	282
12.3.1. Les commissions de normalisation technique .....	283
12.3.1.1. La constitution des commissions de normalisation .....	283
12.3.1.2. La dimension internationale de la normalisation à l'origine de difficultés pour l'atteinte du consensus .....	286
12.3.1.3. Une absence des agriculteurs .....	288
12.3.1.4. Une moindre place pour l'ergonomie.....	289
12.3.1.5. Un positionnement difficile des autorités publiques .....	291
12.3.1.6. Une place importante occupée par les industriels .....	293
12.3.1.7. Un éloignement des conditions réelles de travail.....	295
12.3.1.8. Des révisions qui manquent de réactivité.....	299
12.3.2. Une logique économique dominante au sein de l'Union européenne .....	301
12.3.2.1. La mise en balance des intérêts économiques et des intérêts visant à protéger la santé humaine.....	301
12.3.2.2. Le principe d'autocertification .....	302
12.3.2.3. Une surveillance du marché insuffisante.....	304
12.4. Conclusion : réponse à la quatrième hypothèse .....	307
12.4.1. Une discussion normative déséquilibrée .....	307
12.4.2. Des intérêts économiques dominants à l'échelle européenne .....	308
12.4.3. Les activités d'élaboration : déterminants du contenu de la réglementation .....	308
<b>QUATRIÈME PARTIE : DISCUSSION, CONCLUSION ET PERSPECTIVES .....</b>	<b>311</b>
<b>Chapitre 13. L'identification d'une chaîne de déterminants pour comprendre les situations d'exposition aux pesticides lors de l'utilisation des pulvérisateurs .....</b>	<b>312</b>
13.1. Chaîne de déterminants et influences réciproques .....	312

13.2. Chaîne de déterminants et de production d'ignorance .....	314
13.3. Chaîne de déterminants et mondes professionnels .....	317
<b>Chapitre 14. Le droit comme macrodéterminant des situations d'exposition aux pesticides lors de l'utilisation des pulvérisateurs .....</b>	<b>321</b>
14.1. Le travail réel : un angle mort de la réglementation.....	321
14.2. Des intérêts économiques dominants .....	324
<b>Chapitre 15. L'articulation de niveaux d'analyses et d'approches pour comprendre les situations d'exposition aux pesticides lors de l'utilisation des pulvérisateurs .....</b>	<b>327</b>
15.1. L'articulation d'analyses microscopiques et macroscopiques pour résoudre l'énigme de l'exposition.....	327
15.2. L'articulation des approches ergotoxicologique et instrumentale pour agir en conception .....	330
<b>Chapitre 16. Perspectives : des transformations à différentes échelles pour prévenir les situations d'exposition aux pesticides lors de l'utilisation des pulvérisateurs .....</b>	<b>332</b>
16.1. Alimenter les confrontations hétérogènes de connaissances.....	332
16.2. Le droit comme levier de transformation .....	335
16.3. La conception comme levier de transformation .....	338
16.4. Viser la construction de mondes communs pour agir avec l'ergotoxicologie .....	341
<b>Bibliographie.....</b>	<b>345</b>
<b>Annexes.....</b>	<b>372</b>
Annexe A – Normes harmonisées applicables à la conception des pulvérisateurs dans le cadre de la directive 2006/42/CE .....	373
Annexe B – Exemple de guide d'entretien d'autoconfrontation (Exploitation 1) .....	379
Annexe C – Substances actives recherchées dans les prélèvements et phrases de risque correspondantes pour la santé humaine.....	380
Annexe D – Déterminants du pulvérisateur à l'origine des difficultés d'usage, des genèses instrumentales et des situations d'exposition aux pesticides.....	385
Annexe E – Extrait du document présentant les besoins des agriculteurs à la suite des analyses des activités de traitement .....	386
Annexe F – Extrait du document présentant les fonctions attendues pour chacun des organes du pulvérisateur .....	387
Annexe G – Exemple de guide d'entretien avec un concepteur (chef de projet).....	388
Annexe H – Les différentes étapes du processus de conception d'un pulvérisateur.....	390

Annexe I – Les différentes étapes du processus de conception d’un pulvérisateur et les limites associées .....	391
Annexe J – Exemple de guide d’entretien avec un acteur en charge de l’élaboration des normes techniques (chef de projet en normalisation).....	392
Annexe K – Principales normes juridiques et techniques applicables à la conception des pulvérisateurs.....	393
Annexe L – Les différentes étapes du processus de conception d’un pulvérisateur intégrant les spécifications techniques des normes harmonisées .....	395
Annexe M – Exigences et/ou mesures de sécurité des normes techniques applicables à la conception des pulvérisateurs.....	396
Annexe N – Processus d’appréciation et de réduction du risque proposé par le norme EN ISO 12100.....	398
<b>Abstract</b> .....	399
<b>Résumé</b> .....	400

## Liste des figures

Figure 1 – Pulvérisateur automoteur .....	68
Figure 2 – Pulvérisateur traîné .....	68
Figure 3 – Pulvérisateur porté .....	68
Figure 4 – Préparation du mélange de produits.....	70
Figure 5 – Application du mélange sur les parcelles.....	70
Figure 6 – Nettoyage du matériel .....	70
Figure 7 – Défaut de conception lié à l'étanchéité en cabine (Garrigou <i>et al.</i> , 2012, p. 22) ....	72
Figure 8 – Incorporation des produits dans la cuve.....	72
Figure 9 – Action sur une buse bouchée .....	72
Figure 10 – Nettoyage du pulvérisateur .....	72
Figure 11 – Schématisation de la procédure de mise sur le marché des machines encadrée par la directive 2006/42/CE.....	77
Figure 12 – Principales normes juridiques et techniques applicables à la conception des pulvérisateurs.....	81
Figure 13 – Chaîne de déterminants des activités de traitement .....	96
Figure 14 – Distinction entre travail prescrit et travail réel (Guérin <i>et al.</i> , 2006, p. 36).....	101
Figure 15 – Les quatre dimensions du modèle de l'Homme (Garrigou, 2011, p. 48) .....	103
Figure 16 – Modèle par écrans de la démarche de prévention du risque toxique en milieu de travail (Mohammed-Brahim, 2006) .....	109
Figure 17 – Les confrontations hétérogènes produites par l'ergotoxicologie (Garrigou, 2011, p. 102).....	111
Figure 18 – Un modèle simplifié des déterminants de l'activité (Garrigou, 2011, p. 46) .....	113
Figure 19 – L'activité des agriculteurs, une pratique sous dépendance ? (Garrigou, 2011, p. 109) .....	115
Figure 20 – Capture d'écran du logiciel CAPTIV illustrant une tâche de tassage de sac réalisé par un opérateur dans l'entreprise de peinture routière et une augmentation associée de l'exposition (Galey <i>et al.</i> , 2019, p. 10).....	117
Figure 21 – Modèle d'intervention en ergotoxicologie (Mohammed-Brahim, 2015b, p. 106) .....	119
Figure 22 – Cadre d'analyse et d'intervention en ergotoxicologie pour le développement du pouvoir d'agir et de la marge de manœuvre (Albert <i>et al.</i> , à paraître).....	120
Figure 23 – La temporalité des situations de conception .....	124
Figure 24 – Inscription des processus de genèses instrumentales dans le cycle d'ensemble de la conception d'un artefact (Rabardel, 1995, p. 132).....	134
Figure 25 – Construction de la démarche avec les différents niveaux d'acteurs .....	140
Figure 26 – Incorporation des produits directement dans la cuve.....	146

Figure 27 – Incorporation des produits à l'aide d'un incorporateur branché à la cuve du pulvérisateur.....	146
Figure 28 – Caméra GoPro embarquée à l'avant de la cabine.....	148
Figure 29 – Caméra GoPro embarquée à l'arrière de la cabine.....	148
Figure 30 – Tractoriste équipé des lunettes Tobii (oculomètre) .....	148
Figure 31 – Lunettes Tobii ( <a href="https://www.tobiipro.com/fr">https://www.tobiipro.com/fr</a> ) .....	148
Figure 32 – Regard du tractoriste orienté sur le rétroviseur droit du tracteur .....	148
Figure 33 – Organisation des prélèvements en fonction des étapes du traitement.....	150
Figure 34 – Prélèvements d'eaux de lavage de mains .....	151
Figure 35 – Bouteilles de récupération.....	151
Figure 36 – Organisation des prélèvements du 11 juillet 2019 pour l'Exp5 .....	152
Figure 37 – Capture d'écran du logiciel CAPTIV permettant de visualiser le codage de l'activité associé à la synchronisation des vidéos.....	156
Figure 38 – Déversement des produits dans la cuve .....	160
Figure 39 – Recherche d'équilibre sur le marchepied.....	160
Figure 40 – Incorporation des produits dans la cuve sur une plateforme.....	161
Figure 41 – Insertion du tuyau d'eau dans la cuve du pulvérisateur .....	162
Figure 42 – L'agriculteur remet les filtres et les buses sur les descentes à l'intérieur des panneaux récupérateurs .....	162
Figure 43 – Réparation des bâches.....	166
Figure 44 – Ouverture du couvercle de la cuve.....	167
Figure 45 – Utilisation du tamis pour bloquer le tuyau d'eau lors du remplissage.....	168
Figure 46 – Regard orienté devant pour l'activité de guidage.....	170
Figure 47 – Regard orienté sur l'écran pour l'activité de contrôle .....	170
Figure 48 – Regard orienté sur les commandes pour l'activité de réglage .....	170
Figure 49 – Lecture difficile des informations à l'écran.....	173
Figure 50 – Contrôle de la pulvérisation sur les descentes droites .....	173
Figure 51 – Contrôle de la pulvérisation sur les descentes gauches .....	173
Figure 52 – Contrôle sur le compteur de vitesse .....	174
Figure 53 – Contrôle sur la jauge du volume de produits restant dans la cuve.....	174
Figure 54 – Contrôle du panneau récupérateur extérieur droit sur le rétroviseur droit.....	175
Figure 55 – Contrôle du passage des descentes droites dans les tournières .....	176
Figure 56 – Contrôle sur l'écran de la fermeture de la pulvérisation dans les tournières.....	177
Figure 57 – Contrôle et réglage de la hauteur des jets .....	180
Figure 58 – Lancement de la turbine.....	180
Figure 59 – Arrêt de la vanne de brassage (1).....	180
Figure 60 – Arrêt de la vanne de retour en cuve .....	181
Figure 61 – Action sur une vanne .....	182
Figure 62 – Retrait d'un filtre.....	182

Figure 63 – Descente de la cabine pour vérifier l'état du capteur GPS .....	183
Figure 64 – Intervention sur le matériel pour vérifier l'état du capteur GPS.....	183
Figure 65 – Intervention sur le matériel pour retirer le capteur GPS (1) .....	184
Figure 66 – Retrait de la sécurité automatique en poussant les panneaux récupérateurs.....	185
Figure 67 – Utilisation des commandes dans la cabine lors de la préparation des produits ..	186
Figure 68 – Utilisation des commandes dans la cabine lors du nettoyage du matériel.....	187
Figure 69 – Débouchage d'une buse.....	188
Figure 70 – Vérification du fonctionnement de la pulvérisation en montant sur la cuve .....	188
Figure 71 – Renversement du pulvérisateur dans une tournière .....	189
Figure 72 – Vérification du fonctionnement de la pulvérisation dans les tournières.....	189
Figure 73 – Vérification du positionnement du pulvérisateur dans le rang en regardant les traces de pneus.....	190
Figure 74 – Passage du karcher à l'intérieur des panneaux récupérateurs.....	192
Figure 75 – Passage du karcher sur les surfaces supérieures du pulvérisateur .....	193
Figure 76 – Nettoyage de l'intérieur de la cuve.....	194
Figure 77 – Nettoyage des surfaces inférieures du pulvérisateur.....	194
Figure 78 – Retrait du filtre (1) .....	195
Figure 79 – Retrait du filtre (2) .....	195
Figure 80 – Retrait des buses et des filtres sur les descentes .....	195
Figure 81 – Colmatage des produits au niveau des buses .....	196
Figure 82 – Retrait des mousses (1) .....	196
Figure 83 – Retrait des mousses (2) .....	196
Figure 84 – Nettoyage des mousses au karcher .....	196
Figure 85 – Graissage du pulvérisateur (1) .....	196
Figure 86 – Le pulvérisateur : déterminant technique des activités de traitement.....	201
Figure 87 – Temporalité du processus de conception liée à la saisonnalité.....	212
Figure 88 – Principaux enjeux liés au processus de conception des pulvérisateurs.....	224
Figure 89 – Les activités de conception comme déterminants de la conception des pulvérisateurs .....	226
Figure 90 – Contrôle de la pulvérisation en cabine.....	249
Figure 91 – Contrôle de la pulvérisation à l'extérieur.....	249
Figure 92 – Arrêt de la vanne de brassage (2).....	250
Figure 93 – Graissage du pulvérisateur (2) .....	250
Figure 94 – Intervention sur le matériel pour retirer le capteur GPS (2) .....	250
Figure 95 – Principaux enjeux liés au processus de conception des pulvérisateurs influencés par les exigences réglementaires .....	275
Figure 96 – La réglementation comme déterminant des activités de conception .....	278
Figure 97 – Les activités d'élaboration des exigences réglementaires comme déterminant du contenu de la réglementation.....	309



Figure 98 – Chaîne de déterminants des situations d'exposition aux pesticides lors de l'utilisation des pulvérisateurs et influences réciproques .....	314
Figure 99 – Chaîne de déterminants et de production d'ignorance.....	317
Figure 100 – Mondes professionnels et artefacts communs entre les mondes.....	318
Figure 101 – Conflits de critères intramondes et intermondes.....	319
Figure 102 – Distinction entre utilisation prescrite et utilisation réelle .....	329
Figure 103 – Intérêt d'une méthodologie articulant les approches ergotoxicologique et instrumentale pour agir en conception .....	331
Figure 104 – Partage des connaissances produites aux différents acteurs .....	334
Figure 105 – Mondes professionnels et mondes communs.....	341
Figure 106 – Déterminants du pulvérisateur à l'origine des difficultés d'usage, des genèses instrumentales et des situations d'exposition aux pesticides.....	385
Figure 107 – Extrait du document présentant les besoins des agriculteurs à la suite des analyses des activités de traitement .....	386
Figure 108 – Extrait du document présentant les fonctions attendues pour chacun des organes du pulvérisateur .....	387
Figure 109 – Les différentes étapes du processus de conception d'un pulvérisateur .....	390
Figure 110 – Les différentes étapes du processus de conception d'un pulvérisateur et les limites associées .....	391
Figure 111 – Les différentes étapes du processus de conception d'un pulvérisateur intégrant les spécifications techniques des normes harmonisées.....	395
Figure 112 – « <i>Représentation schématique du processus de réduction du risque comprenant une méthode itérative en trois étapes</i> » (Part. 4 de la norme EN ISO 12100) .....	398

## Liste des tableaux

Tableau 1 – Résultats principaux de quatre études menées en France sur l'exposition aux pesticides des agriculteurs .....	48
Tableau 2 – Organes principaux d'un pulvérisateur viticole et les fonctions associées .....	69
Tableau 3 – Caractéristiques générales des fabricants démarchés dans le projet .....	142
Tableau 4 – Caractéristiques générales des exploitations viticoles.....	145
Tableau 5 – Caractéristiques générales des pulvérisateurs pour chacune des exploitations viticoles .....	146
Tableau 6 – Calendrier des observations filmées .....	147
Tableau 7 – Calendrier et durée des entretiens d'autoconfrontation .....	150
Tableau 8 – Calendrier des prélèvements d'eaux de lavage de mains .....	151
Tableau 9 – Récapitulatif des techniques utilisées au sein de chaque exploitation .....	153
Tableau 10 – Description des observables et des critères d'analyse pour les films réalisés à l'aide de la caméra tenue à la main .....	154
Tableau 11 – Description des observables pour la classe « <i>direction du regard</i> » .....	155
Tableau 12 – Description des observables pour la classe « <i>espace de conduite</i> » .....	156
Tableau 13 – Description de l'observable et des critères d'analyse pour les films synchronisés à l'aide du logiciel CAPTIV.....	157
Tableau 14 – Description des verbatims recherchés selon les thèmes d'analyse des entretiens d'autoconfrontation .....	158
Tableau 15 – Concentration de substances actives présentes dans les eaux de lavage de mains à la fin de la préparation (Exp1).....	164
Tableau 16 – Concentration de substances actives présentes dans les eaux de lavage de mains à la fin de la préparation (Exp4).....	165
Tableau 17 – Concentration de substances actives présentes dans les eaux de lavage de mains à la fin de la préparation (Exp5 – 12 juillet 2019) .....	165
Tableau 18 – Concentration de substances actives présentes dans les eaux de lavage de mains à la fin de la préparation et à la fin des réparations (Exp5 – 11 juillet 2019) .....	166
Tableau 19 – Effectifs totaux selon la durée respective des enregistrements de chacune des exploitations .....	169
Tableau 20 – Observables associés aux différentes activités lors de l'étape de pulvérisation pour la classe « <i>direction du regard</i> » .....	169
Tableau 21 – Temps (%) passé à réaliser chacune des activités .....	171
Tableau 22 – Effectifs (N) pour chacun des observables appartenant à l'activité de contrôle.....	171
Tableau 23 – Temps (%) passé à réaliser chacune des activités selon l'espace de conduite .	171
Tableau 24 – Concentration de substances actives présentes dans les eaux de lavage de mains à la fin de la préparation et à la fin de la pulvérisation (Exp1) .....	179

Tableau 25 – Concentration de substances actives présentes dans les eaux de lavage de mains à la fin de la préparation et à la fin de la pulvérisation (Exp4) .....	181
Tableau 26 – Concentration de substances actives présentes dans les eaux de lavage de mains à la fin de la préparation et à la fin de la pulvérisation (Exp5 – 11 juillet 2019).....	183
Tableau 27 – Concentration de substances actives présentes dans les eaux de lavage de mains à la fin de la préparation et à la fin de la pulvérisation (Exp5 – 12 juillet 2019).....	184
Tableau 28 – Classe de cabine pour chacune des exploitations en fonction du mode de transport du pulvérisateur .....	186
Tableau 29 – Calendrier de la participation au projet de conception d’une nouvelle gamme de pulvérisateurs (2019).....	205
Tableau 30 – Calendrier de la participation au projet de conception d’une nouvelle gamme de pulvérisateurs (2020).....	205
Tableau 31 – Calendrier de la participation au projet de conception d’une nouvelle gamme de pulvérisateurs (2021).....	206
Tableau 32 – Description des critères guidant les observations pour la compréhension des activités de conception .....	207
Tableau 33 – Calendrier et durée des entretiens menés avec les concepteurs .....	208
Tableau 34 – Description des verbatims recherchés selon les thèmes d’analyse des entretiens menés avec les concepteurs (1) .....	209
Tableau 35 – Rattachement et spécialité des acteurs interviewés en charge de l’élaboration des normes techniques .....	229
Tableau 36 – Calendrier et durée des entretiens menés avec les acteurs en charge de l’élaboration de normes techniques .....	230
Tableau 37 – Description des verbatims recherchés selon les thèmes d’analyse des entretiens menés avec les concepteurs (2) .....	231
Tableau 38 – Description des verbatims recherchés selon les thèmes d’analyse des entretiens menés avec les acteurs en charge de l’élaboration des normes techniques (1) .....	232
Tableau 39 – Description des critères pour l’analyse du contenu des normes juridiques et techniques applicables à la conception des pulvérisateurs (1) .....	233
Tableau 40 – Normes harmonisées utilisées par les fabricants pour la conception des pulvérisateurs.....	236
Tableau 41 – Quantification du phénomène d’auto-référencement des normes techniques harmonisées .....	239
Tableau 42 – Description des verbatims recherchés selon les thèmes d’analyse des entretiens menés avec les acteurs en charge de l’élaboration des normes techniques (2) .....	281
Tableau 43 – Description des critères pour l’analyse du contenu des normes juridiques et techniques applicables à la conception des pulvérisateurs (2) .....	282
Tableau 44 – Nombre d’acteurs présents au sein des commissions de normalisation pour chacune des catégories .....	284

Tableau 45 – Quantification de la présence des autorités publiques dans les commissions de normalisation .....	291
Tableau 46 – Quantification de la présence des industriels dans les commissions de normalisation .....	294
Tableau 47 – Normes harmonisées applicables à la conception des pulvérisateurs dans le cadre de la directive 2006/42/CE .....	378
Tableau 48 – Guide pour l'entretien d'autoconfrontation avec le tractoriste de l'Exp1 .....	379
Tableau 49 – Substances actives recherchées dans les prélèvements d'eaux de lavage de mains réalisés pour le tractoriste de l'exploitation 1 .....	381
Tableau 50 – Substances actives recherchées dans les prélèvements d'eaux de lavage de mains réalisés pour le tractoriste de l'exploitation 4 .....	383
Tableau 51 – Substances actives recherchées dans les prélèvements d'eaux de lavage de mains réalisés pour le tractoriste de l'exploitation 5 .....	384
Tableau 52 – Description des normes juridiques et techniques applicables à la conception des pulvérisateurs viticoles .....	394
Tableau 53 – Exigences générales et/ou mesures de sécurité de la norme EN ISO 4254-1 ..	396
Tableau 54 – Exigences générales et/ou mesures de sécurité de la norme EN ISO 4254-6 ..	397

## Liste des abréviations

AET	Analyse ergonomique du travail
AFNOR	Association française de normalisation
AMD	Acceptation mutuelle des données pour l'évaluation des produits chimiques
ANACT	Agence nationale pour l'amélioration des conditions de travail
ANEC	Association européenne pour la coordination de la représentation des consommateurs dans la normalisation
Ann.	Annexe
ANSES	Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
AOEL	Acceptable operator exposure level
Art.	Article
BE	Bureau d'études
BSA	Bordeaux Sciences Agro
BSI	British standards institution
CAO	Conception assistée par ordinateur
CCMSA	Caisse centrale de la mutualité sociale agricole
CDC	Cahier des charges
CE	Conformité européenne
CEI	Commission électrotechnique internationale (CEI)
CEN	Comité européen de normalisation
CENELEC	Comité européen de normalisation électrotechnique
Certiphyto	Certificat individuel de produits phytopharmaceutiques
CES	Confédération européenne des syndicats
CJUE	Cour de justice de l'Union européenne
CLP	Classification, labelling, packaging
CNUED	Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement
COCT	Conseil d'orientation des conditions de travail
Consid.	Considérant
DDT	Dichloro-diphényle-trichloro-éthane
DGAL	Direction générale de l'alimentation

DGCCRF	Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes
DGDDI	Direction générale des douanes et droits indirects
DGE	Direction générale des entreprises
DGT	Direction générale du travail
DIN	Deutsches Institut für Normung
DREETS	Direction régionale de l'économie, de l'emploi, du travail et des solidarités
EFSA	European food safety authority
EPC	Équipement de protection collective
EPI	Équipement de protection individuelle
EPOC	Environnements et paléoenvironnements océaniques et continentaux
ETSI	European telecommunications standards institute
ETUI	European trade union institute
FAO	Food and agriculture organization
FDS	Fiche de données de sécurité
GPS	Global positioning system
ibid.	Ibidem
ICSMS	Information and communication system on market surveillance
IEA	International ergonomics association
INRS	Institut national de recherche et de sécurité
INTEFP	Institut national du travail, de l'emploi et de la formation professionnelle
ISO	International standards organization
JOUE	Journal officiel de l'Union européenne
LNH	Lymphomes non hodgkiniens
MAA	Ministère de l'agriculture et de l'alimentation
MSA	Mutualité sociale agricole
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
OEN	Organismes européens de normalisation
OIT	Organisation internationale du travail
OMS	Organisation mondiale de la santé
ONG	Organisation non gouvernementale
ONN	Organismes nationaux de normalisation
Paragr.	Paragraphe

Part.	Partie
PME	Petites et moyennes entreprises
PNUE	Programmes des Nations Unies pour l'environnement
POP	Polluants organiques persistants
PREVEXPO	Prévenir les risques ensemble en milieu viticole à partir des conditions réelles d'expositions chimiques
PST	Plan santé travail
TFUE	Traité sur le fonctionnement de l'Union européenne
TPE	Très petites entreprises
R&D	Recherche et développement
RSE	Responsabilité sociale des entreprises
s.	Suivant
SAC	Situations d'action caractéristiques
SBS	Small Business Standards
SELF	Société d'ergonomie de langue française
SGH	Système général harmonisé de classification et d'étiquetage des produits chimiques
UE	Union européenne
VEM	Vidéo exposure monitoring

# INTRODUCTION GÉNÉRALE

L'intensification de la production et de l'utilisation des produits chimiques dans le secteur agricole va se manifester à partir de la seconde moitié du XX<sup>e</sup> siècle (Fourche, 2004). Ces produits – plus communément appelés pesticides – sont utilisés par les agriculteurs dans le cadre des traitements (opération d'épandage) afin de lutter contre les maladies et les ravageurs. Ces pratiques soulèvent néanmoins de nombreux enjeux en matière de santé publique. En effet, elles ne sont pas sans effet sur la santé humaine (Baldi *et al.*, 2021). Les études menées sur la compréhension des situations d'exposition aux pesticides au cours des activités de traitement se multiplient et mettent en évidence la diversité et la complexité des déterminants impliqués (Baldi *et al.*, 2006, 2014 ; Garrigou *et al.*, 2008 ; Goutille, 2022 ; Jolly, 2022 ; Laurent *et al.*, 2016 ; Lebailly *et al.*, 2009). Pour l'ergotoxicologie, ces situations doivent être considérées comme des énigmes qu'il faut tenter de résoudre pour agir en prévention (Garrigou, 2011).

Lors de la réalisation des traitements, les pulvérisateurs se révèlent être un outil indispensable pour les agriculteurs. Néanmoins, en raison de leur conception initiale et de leurs usages, ces machines s'avèrent également être un des déterminants des situations d'exposition aux pesticides (Albert & Garrigou, 2019 ; Baldi *et al.*, 2006 ; Goutille, 2022 ; Jolly, 2022 ; Lacroix *et al.*, 2013 ; Laurent *et al.*, 2016). Cela nous amène à nous interroger sur la capacité des processus de conception, comme de la réglementation qui s'y applique, à offrir une protection adéquate lors de l'utilisation des pulvérisateurs. Notre thèse propose d'identifier et de comprendre une chaîne particulière de déterminants en réalisant des analyses à différents niveaux : les activités de traitement, les activités de conception des pulvérisateurs, la réglementation applicable à leur conception et les activités d'élaboration de cette réglementation.

Fruits d'une recherche transdisciplinaire en ergonomie et droit, inscrite dans les approches ergotoxicologique et instrumentale en ergonomie, les analyses menées à chaque niveau de la chaîne de déterminants nous ont permis de mieux comprendre les situations d'exposition aux pesticides lors de l'utilisation des pulvérisateurs. Les connaissances produites nous permettent d'envisager des transformations à différentes échelles pour agir en prévention. Elles nous amènent également à réfléchir aux conditions à réunir pour que ces connaissances soient une ressource au développement de collaborations entre la diversité des acteurs concernés (agriculteurs, concepteurs, acteurs en charge de l'élaboration de la réglementation).



La thèse est divisée en quatre parties et se compose de 16 chapitres.

La première partie de la thèse présente le contexte de la recherche sur lequel s'appuient nos travaux. Cette partie apporte des éléments de compréhension généraux sur les pesticides (Chapitre 1), les expositions professionnelles à ces produits dans le secteur agricole (Chapitre 2) et le matériel destiné à leur application (Chapitre 3), en insistant sur la dimension réglementaire. À l'issue de ces trois chapitres, nous proposons une discussion intermédiaire du contexte et formulons quatre questions de recherche (Chapitre 4) auxquelles nous apportons des réponses en quatrième et dernière partie.

La deuxième partie présente le cadre théorique mobilisé pour ce travail de recherche. Dans l'objectif de participer à la résolution de l'énigme de l'exposition, nous proposons dans un premier temps une présentation de l'approche et de la démarche ergotoxicologique (Chapitre 5). Pour viser une meilleure compréhension des rapports qu'entretiennent les agriculteurs avec le matériel, le chapitre suivant porte sur l'approche instrumentale comme moyen de mise en visibilité de la contribution des utilisateurs à la conception (Chapitre 6). À l'issue de ces deux chapitres, nous proposons une discussion intermédiaire du cadre théorique. Cette discussion nous permet de formuler une problématique générale et quatre hypothèses de recherche (Chapitre 7).

La troisième partie présente le recueil, l'analyse des données et les résultats qui en découlent. En préalable, nous présentons la construction de la démarche avec les différents acteurs mobilisés (Chapitre 8). Pour la suite, les quatre chapitres visent à répondre respectivement aux quatre hypothèses. De ce fait, chaque chapitre comporte les objectifs, la méthodologie, les résultats et la conclusion propres à l'hypothèse concernée. Ces chapitres portent sur les activités de traitement (Chapitre 9), les activités de conception (Chapitre 10), la réglementation (Chapitre 11) et les activités liées à son élaboration (Chapitre 12).

La quatrième et dernière partie met en discussion et perspective l'ensemble des résultats obtenus dans le cadre du travail de thèse. Cette partie s'articule en quatre chapitres qui apportent respectivement des réponses aux quatre questions de recherche. Dans un premier temps, nous visons à rendre compte de l'intérêt d'identifier et d'analyser une chaîne de déterminants pour comprendre les situations d'exposition aux pesticides lors de l'utilisation des pulvérisateurs (Chapitre 13). Dans le chapitre suivant, nous soulignons le rôle joué par la réglementation dans

l'apparition de ces situations (Chapitre 14). Ensuite, nous souhaitons appuyer l'intérêt d'articuler des analyses microscopiques et macroscopiques ainsi que les approches instrumentale et ergotoxicologique pour mieux comprendre les situations d'exposition et les déterminants impliqués (Chapitre 15). Enfin, ces trois chapitres nous permettent d'envisager des perspectives de transformations à différentes échelles que nous présentons au sein d'un dernier chapitre (Chapitre 16).



## PREMIÈRE PARTIE : CONTEXTE DE LA RECHERCHE

Dans le cadre de cette première partie, nous allons présenter le contexte au sein duquel s'inscrit notre travail de recherche qui vise à comprendre les situations d'exposition aux pesticides lors de l'utilisation des pulvérisateurs. Quatre chapitres composent cette première partie. Le premier chapitre concerne les pesticides et apporte des éléments de compréhension sur leur contexte d'usage, leur toxicité et le contexte réglementaire encadrant leur mise sur le marché (Chapitre 1). Le deuxième chapitre porte ensuite sur les expositions professionnelles aux pesticides générées par le travail agricole et vise à décrire les réglementations et actions proposées pour prévenir et réparer ces expositions en matière de santé et de sécurité (Chapitre 2). Les déterminants impliqués dans les situations d'exposition aux pesticides sont complexes et varient d'une situation à l'autre. En raison de leur conception et de leurs usages, les machines destinées à l'application des pesticides – usuellement appelées pulvérisateurs – se révèlent être des déterminants techniques de ces situations. Pour ces raisons, le troisième chapitre apporte des éléments de compréhension sur l'utilisation des pulvérisateurs et la réglementation applicable à leur conception (Chapitre 3).

Compte tenu de l'orientation du travail de recherche qui identifie plus spécifiquement la conception et la réglementation comme une chaîne de déterminants impliqués dans les situations d'exposition aux pesticides lors de l'utilisation des pulvérisateurs, cette première partie est fortement empreinte d'éléments réglementaires. D'après [Laurent et al. \(2016\)](#), les normes juridiques encadrant la mise sur le marché et l'utilisation des pesticides relèvent d'une complexité qui rend de nombreuses réglementations inopérantes en matière de prévention. De ce fait, il convient de s'interroger sur la capacité des normes juridiques et techniques applicables à la conception des pulvérisateurs à offrir une protection adéquate pour leur utilisation. Nous concluons donc cette première partie par un quatrième et dernier chapitre permettant de discuter ces éléments et de formuler nos questions de recherche (Chapitre 4).

# Chapitre 1. Les pesticides

Pour les agriculteurs, les pesticides constituent un moyen important pour protéger leurs parcelles des maladies et ravageurs. Formulés à base de molécules naturelles ou artificielles, ces produits sont épanchés par les agriculteurs lors des traitements, dont les conditions de réalisation diffèrent d'une exploitation à l'autre (§1.1). Malgré leur intérêt à assurer les rendements agricoles, les pesticides ne sont pas sans danger. En effet, de nombreuses études soulignent la toxicité de ces produits et leurs effets sur la santé humaine (§1.2). Depuis la seconde moitié du XX<sup>e</sup> siècle, la mise en visibilité progressive de la nocivité des pesticides a justifié l'adoption d'un cadre juridique déterminant les conditions de leur mise sur le marché. En dépit des dispositions prises aux niveaux international, européen et national, ce cadre juridique nourrit des interrogations en raison d'une confrontation inévitable entre des intérêts économiques et des intérêts visant à protéger la santé humaine et l'environnement (§1.3).

## 1.1. Le contexte d'usage des pesticides

Historiquement, s'intéresser à la protection chimique des plantes revient à examiner de plus près la lutte contre « *les ennemis des cultures* » (Fourche, 2004). L'apparition d'espèces nuisibles s'explique au regard des échanges commerciaux entre continents qui ont été de plus en plus nombreux à partir du XIX<sup>e</sup> siècle. Ces échanges sont devenus le principal facteur d'importation d'espèces nuisibles à l'origine des maladies des cultures. De plus, à mesure que la production agricole et le recours à la monoculture s'intensifient, ces maladies sont de plus en plus importantes. Selon Fourche (2004), la lutte contre ces différentes espèces devient alors une priorité à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, dans un contexte où les rendements ne doivent pas cesser de croître. La protection chimique des plantes fait ainsi son apparition. C'est à l'issue de la Seconde Guerre mondiale – en raison des enjeux productifs et économiques de la politique agricole – que la fabrication et l'utilisation de pesticides s'amplifient (Fourche, 2004 ; Jas, 2007, 2008).

### 1.1.1. Les éléments de définition

Dans un premier temps, nous souhaitons apporter des éléments de compréhension quant à l'emploi du vocabulaire utilisé pour désigner les produits de protection des plantes. Dans la littérature, les médias ou le langage commun, nous pouvons retrouver les termes de

« pesticides », de « produits phytopharmaceutiques » et de « produits phytosanitaires ». Les produits phytopharmaceutiques et les produits phytosanitaires sont synonymes et ils regroupent les produits destinés à protéger les végétaux. Les pesticides réunissent les produits phytopharmaceutiques et les biocides – réservés, quant à eux, à des usages non agricoles (traitement du bois, antipoux, antipuces, etc.). La mise sur le marché et l'utilisation des produits phytopharmaceutiques sont encadrées par le [règlement \(CE\) n° 1107/2009](#)<sup>1</sup>. Selon ce règlement, ces produits sont destinés à :

- a) protéger les végétaux ou les produits végétaux contre tous les organismes nuisibles ou prévenir l'action de ceux-ci, sauf si ces produits sont censés être utilisés principalement pour des raisons d'hygiène plutôt que pour la protection des végétaux ou des produits végétaux ;*
- b) Exercer une action sur les processus vitaux des végétaux, telles les substances, autres que les substances nutritives, exerçant une action sur leur croissance ;*
- c) Assurer la conservation des produits végétaux, pour autant que ces substances ou produits ne fassent pas l'objet de dispositions communautaires particulières concernant les agents conservateurs ;*
- d) Détruire les végétaux ou les parties de végétaux indésirables, à l'exception des algues à moins que les produits ne soient appliqués sur le sol ou l'eau pour protéger les végétaux ;*
- e) Freiner ou prévenir une croissance indésirable des végétaux, à l'exception des algues à moins que les produits ne soient appliqués sur le sol ou l'eau pour protéger les végétaux. »<sup>2</sup>*

Les pesticides s'organisent en trois grandes catégories : les fongicides, les insecticides et les herbicides. Les fongicides permettent de lutter contre les champignons, les insecticides contre les insectes et les herbicides contre les mauvaises herbes. Alors que ces derniers sont principalement utilisés pour réduire la concurrence entre l'enherbement et la culture, les fongicides et les insecticides servent à combattre une diversité de maladies et de ravageurs.

### 1.1.2. Les maladies et ravageurs

S'agissant des maladies, il en existe deux sortes : les maladies non parasitaires et les maladies parasitaires. Ces dernières sont liées à des champignons, des bactéries ou des virus. Les

---

<sup>1</sup> Règlement (CE) n°1107/2009 du Parlement européen et du Conseil du 21 octobre 2009 concernant la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques et abrogeant les directives 79/117/CE et 91/414/CE.

<sup>2</sup> Art. 2 du règlement (CE) n°1107/2009.

maladies non parasitaires sont quant à elles principalement liées aux conditions météorologiques (pluie, grêle, gel, rayonnement solaire, etc.) ainsi qu'à la toxicité des pesticides utilisés. Quant aux ravageurs, il faut distinguer les acariens phytophages, les insectes phytophages et les insectes vecteurs.

Ces maladies et ravageurs sont très nombreux, il convient donc d'en mentionner les principaux. En ce qui concerne les maladies parasitaires, le mildiou et l'oïdium sont parmi les plus redoutées en viticulture. Dû à un champignon appelé « *phytophthora infestans* », le mildiou se développe dans un environnement humide lorsque la température se trouve entre 17 et 20°C. Par conséquent, ce champignon évolue quand les conditions météorologiques alternent des périodes de pluie et de chaleur orageuse. La plante est alors attaquée de l'intérieur, ce qui fait pourrir le fruit. Les circonstances de développement de l'oïdium sont sensiblement les mêmes que le mildiou. Ce champignon engendre un ralentissement de la croissance de la vigne et les effets sont visibles au niveau des feuilles, des baies et des rameaux. Pour ce qui est des ravageurs, la flavescence dorée est une maladie liée à une bactérie transportée par la cicadelle – insecte suceur qui se nourrit de la sève des végétaux.

Pour lutter contre ces maladies et ravageurs, il est nécessaire pour les exploitations agricoles de viser à une surveillance accrue des parcelles afin d'anticiper au mieux les traitements à réaliser. Le choix des pesticides utilisés lors de ces traitements est alors déterminé par les maladies et ravageurs présents dans la vigne, mais également par le mode de production de l'exploitation.

### 1.1.3. Les modes de production et pratiques agricoles

Dans le secteur agricole, nous distinguons deux modes de production : l'agriculture conventionnelle et l'agriculture biologique. Dans le cadre de l'agriculture conventionnelle, les produits phytopharmaceutiques utilisés – dits de « *synthèse* » – sont formulés à partir de molécules artificielles créées par les humains. Pour l'agriculture biologique, les pesticides utilisés sont formulés à partir de molécules naturelles. Pour ce mode de production qui est soumis à des certifications, des organismes spécialisés ont pour mission de vérifier le respect du cahier des charges imposé. Ce cahier des charges repose sur des principes généraux et des règles principales de production biologique<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup> Règlement (UE) 2018/848 du Parlement européen et du Conseil du 30 mai 2018 relatif à la production biologique et à l'étiquetage des produits biologiques, et abrogeant le règlement (CE) n°834/2007 du Conseil.

Pour ces deux modes de production, nous pouvons identifier différentes formes de pratiques agricoles : raisonnée, biodynamique et agroécologique. La culture raisonnée consiste à avoir recours aux produits phytopharmaceutiques de façon maîtrisée afin de limiter leur impact sur l'environnement. La culture biodynamique envisage l'exploitation agricole à la manière d'un organisme vivant diversifié et autonome avec une utilisation très restreinte d'intrants<sup>4</sup>. Pour cette forme de pratique agricole, les rythmes lunaires et planétaires occupent une place importante. Enfin, la pratique agroécologique consiste à tenir compte des fonctionnalités offertes par les écosystèmes. Elle vise à préserver les ressources naturelles en proposant des méthodes de production agricole plus soucieuses de la personne et de son environnement.

Les traitements et leurs conditions de réalisation diffèrent d'un mode de production à l'autre. Même si le nombre de traitements s'élève généralement entre dix et quinze lors d'une saison, ils seront plus importants en agriculture biologique qu'en agriculture conventionnelle.

#### 1.1.4. Les traitements

Les traitements – autrement appelés épandages – consistent à pulvériser des pesticides sur les parcelles. Ils représentent une part importante de l'activité des agriculteurs d'avril à août. Une importance qui se traduit à la fois par la durée du traitement, mais également au regard des conséquences que peut avoir sur la vigne l'apparition de maladies ou de ravageurs. En effet, lors de la tâche de pulvérisation, les agriculteurs doivent être très vigilants et s'assurer que la pulvérisation est correctement effectuée. Si une partie de la parcelle est mal traitée, c'est toute la récolte qui peut se voir impactée. La durée des traitements diffère d'une exploitation à l'autre. Plus le nombre d'hectares est important, plus le traitement est long allant de quelques heures à plusieurs jours. Ce temps de traitement peut également augmenter selon les caractéristiques des exploitations (fragmentation des parcelles, dévers, qualité des sols, etc.). Les caractéristiques et les fonctions du pulvérisateur (capacité de la cuve, technologies embarquées, etc.) peuvent participer à la réduction du temps de traitement si les réglages sont correctement effectués. Au cours d'un seul et même traitement, d'ordre préventif ou curatif, il est fréquent que plusieurs pesticides soient mélangés afin de traiter plusieurs maladies. Cela permet aux agriculteurs de réduire le nombre de traitements et par la même occasion les coûts de main-d'œuvre et de carburant. Hors de tout contrôle humain, les conditions météorologiques jouent un rôle

---

<sup>4</sup> Produits (engrais, pesticides, semences, etc.) qui ne sont pas naturellement présents dans le sol, ils y sont rajoutés pour améliorer le rendement des cultures.



important quant à la qualité et à la possibilité de réaliser le traitement. En effet, la réalisation des traitements est extrêmement tributaire de ces conditions : « *On ne traite pas quand on veut, mais quand on peut.* » (Flandin, 1983, cité par Houmy, 1994, p. 34). La pluie a une forte incidence sur l'organisation et l'efficacité des traitements. Les agriculteurs ne peuvent pas traiter quand il pleut et l'humidité présente sur la vigne peut impacter la bonne pénétration des pesticides au sein de celle-ci (Houmy, 1994). Les conditions d'application des pesticides se révèlent déterminantes sur l'efficacité des traitements et sur le besoin de les renouveler ou non.

## 1.2. La toxicité et les effets sur la santé des pesticides

À l'issue de la Seconde Guerre mondiale, la priorité donnée à l'intensification de l'agriculture a eu pour conséquence le développement important et rapide de l'industrie phytosanitaire. Cependant, la nocivité de ces produits vis-à-vis des êtres humains, mais aussi de l'environnement, est peu à peu mise en évidence. La publication en 1962 de l'ouvrage « *Printemps silencieux* » de Rachel Carson, au succès international, a joué un rôle majeur quant à la dénonciation de cette nocivité dans l'espace public. La consommation de pesticides est toujours importante et les effets sur la santé liés à l'utilisation de ces produits sont encore très incertains et sujets à polémiques (Aubertot *et al.*, 2005 ; Baldi *et al.*, 2021 ; Fourche, 2004 ; Jas, 2007, 2008). En effet, les controverses se multiplient et dépassent le domaine scientifique avec l'émergence de débats sociaux, de livres ou encore de films. De nombreuses études ont été menées sur la toxicité des pesticides et leurs effets sur la santé humaine. Une expertise collective conduite récemment par Baldi *et al.* (2021), intitulée « *Pesticides et effets sur la santé* », permet une synthèse de ces différents éléments.

### 1.2.1. Les éléments sur la toxicité

Quel que soit leur mode d'action (herbicide, insecticide, fongicide), les pesticides se composent d'une substance active et d'autres substances – appelées adjuvants – visant à augmenter l'efficacité du produit (Alavanja, 2009 ; Alavanja *et al.*, 2004). Les mélanges réalisés entre ces différentes substances sont à l'origine d'une difficulté majeure quant à l'identification de la ou les substance(s) responsable(s) des effets néfastes sur la santé (Alavanja, 2009). L'exposition n'est cependant pas synonyme de contamination. En effet, la distinction de ces deux notions est essentielle. Une personne peut être exposée à une substance dangereuse sans pour autant être contaminée et subir les dommages liés à cette substance du fait, par exemple, de la présence

d'équipements de protection collective (EPC) ou individuelle (EPI) (Garrigou, 2011). L'exposition désigne le contact entre la personne et le contaminant à une concentration donnée pendant une période de temps donnée (Zartarian *et al.*, 2005). Ces expositions sont de deux ordres : les expositions directes et les expositions indirectes (Alavanja *et al.*, 2004 ; Garrigou, 2011 ; Lacroix *et al.*, 2011). L'exposition directe représente le contact d'une personne avec le pesticide utilisé alors que l'exposition indirecte correspond au contact d'une personne avec un objet, du matériel, des vêtements et/ou l'environnement et sur lesquels il y a eu un dépôt de pesticides. Les voies de contamination à ces produits sont principalement dépendantes des caractéristiques du produit utilisé (liquides, granules, poudres, etc.) (Baldi *et al.*, 2013, 2021). Ces voies sont au nombre de trois : la voie cutanée, la voie respiratoire et la voie digestive (Baldi *et al.*, 2013, 2021 ; Damalas & Koutroubas, 2016 ; Kim *et al.*, 2017 ; Nesheim *et al.*, 2005). La voie cutanée se révèle être la voie majeure de pénétration des pesticides (Baldi *et al.*, 2006, 2013, 2021 ; MacFarlane *et al.*, 2013). La deuxième, davantage concernée lorsque les pesticides sont sous forme de poudre, correspond aux inhalations. Enfin, la voie de contamination digestive relève des contacts potentiels de la bouche avec les mains, les gants et/ou le matériel.

Les mécanismes d'action des pesticides témoignent d'une complexité tant sur leur cible (insectes, champignons, mauvaises herbes) que sur la personne et diffèrent selon leur mode d'action (Rani *et al.*, 2020). De nombreux facteurs tels que le mode d'absorption et les propriétés chimiques du produit jouent un rôle important sur la toxicité du pesticide utilisé (Baldi *et al.*, 2013, 2021 ; Damalas & Koutroubas, 2016). Deux niveaux de toxicité sont identifiés : aiguë et chronique (Damalas & Koutroubas, 2016 ; Nesheim & Criswell, 1982). La durée de l'exposition aux pesticides et la vitesse d'apparition des symptômes sont à même de donner des indications quant au niveau de toxicité. Selon Nesheim et Criswell (1982), la toxicité aiguë est la conséquence d'une seule exposition à court terme. Les effets se ressentent immédiatement ou dans un délai d'un jour après l'exposition et peuvent se révéler très graves. La toxicité chronique a quant à elle des effets néfastes sur la santé durant toute la vie. Cette toxicité relève d'expositions répétées et continues sur de longues périodes. Pour ces deux niveaux de toxicité, un rapport de proportionnalité peut être établi entre la dose et les effets : « *The greater the dose, the greater the effect.* » (Damalas & Koutroubas, 2016, p. 4). Toutefois, ce principe s'avère inadéquat dans la mesure où des expositions répétées à de faibles doses peuvent se révéler tout aussi problématiques quant à la gravité des effets (Baldi *et al.*, 2013, 2021 ; Jas, 2007).

### 1.2.2. Les effets sur la santé

Compte tenu des faibles moyens financiers accordés à la recherche et du manque d'intérêt des médecins à l'égard de ce sujet, les connaissances concernant les effets des pesticides sur la santé humaine demeurent insuffisamment produites dans la seconde moitié du XX<sup>e</sup> siècle (Jas, 2008). Pour autant, l'apparition de nouvelles maladies professionnelles, allant de pair avec l'intensification de l'agriculture, alerte des médecins hygiénistes dès la fin du XIX<sup>e</sup> siècle (Jas, 2010). Les intoxications, dont les effets pouvant aller jusqu'au décès, s'accroissent, mais ce n'est qu'au début des années 2000 que ces questions prennent davantage de visibilité. Cette mise en visibilité est à la fois rendue possible par la volonté des agriculteurs de faire reconnaître leur maladie professionnelle liée à l'exposition et par la multiplication des études épidémiologiques (*ibid.*). Sur la base d'analyses réalisées au sein de différentes cohortes, ces études ont ainsi pu établir des liens entre l'exposition aux pesticides et la survenue de pathologies (Baldi *et al.*, 2021). Les effets sur la santé humaine sont divers et différentes études s'emploient à les répertorier (Alavanja *et al.*, 2004 ; Baldi *et al.*, 2013, 2021 ; Rani *et al.*, 2020).

L'apparition de cancers (Acquavella *et al.*, 1998 ; Alavanja *et al.*, 2013 ; Blair *et al.*, 1992 ; Boulanger *et al.*, 2016 ; Dich *et al.*, 1997 ; Lebailly *et al.*, 2007 ; Leon *et al.*, 2019 ; Lerro *et al.*, 2020 ; Piel *et al.*, 2018), de maladies neurodégénératives (Baldi, Cantagrel, *et al.*, 2003 ; Baldi, Lebailly, *et al.*, 2003 ; Blanc-Lapierre *et al.*, 2012 ; Freire & Koifman, 2012 ; Kamel *et al.*, 2006 ; Kamel & Hoppin, 2004), de troubles neurocomportementaux (Baldi *et al.*, 2001 ; Blanc-Lapierre *et al.*, 2012 ; Colosio *et al.*, 2003) ou encore de troubles de la reproduction (Cocco, 2002 ; Wigle *et al.*, 2008) sont autant d'effets susceptibles de survenir à la suite d'expositions aux pesticides. L'expertise collective menée récemment par Baldi *et al.* (2021) confirme la présomption forte d'un lien entre l'exposition aux pesticides et six pathologies : les lymphomes non hodgkiniens (LNH), le myélome multiple, le cancer de la prostate, la maladie de Parkinson, les troubles cognitifs, la bronchopneumopathie chronique obstructive et la bronchite chronique. Quant à la présomption moyenne, l'expertise établit un lien avec différentes pathologies telles que la maladie d'Alzheimer, l'asthme et les pathologies thyroïdiennes. Qu'elles soient occasionnelles, répétées, prolongées, à fortes ou à faibles doses, les expositions aux pesticides peuvent avoir des effets dramatiques. De plus, elles ne touchent pas seulement les travailleurs, elles concernent également des populations sensibles (femmes enceintes, enfants) ou des populations particulièrement exposées (riverains des zones agricoles) (Baldi *et al.*, 2021).

### 1.3. Le contexte réglementaire encadrant la mise sur le marché des pesticides

La réglementation qui vise à encadrer les substances chimiques dangereuses pour assurer la protection des utilisateurs est relativement ancienne (Fourche, 2004 ; Jas, 2007, 2008). Aujourd'hui, les textes qui encadrent les autorisations de mise sur le marché de ces substances sont nombreux et s'appliquent à différentes échelles (internationale, européenne et nationale) (Doussan, 2021). La production des savoirs issue de ces textes et les intérêts en cause nourrissent cependant des interrogations à la lumière des mobilisations de plus en plus prégnantes dans l'espace public (Décosse, 2013 ; Dedieu & Jouzel, 2015 ; Jouzel, 2020 ; Jouzel & Dedieu, 2013 ; Martin, 2016).

#### 1.3.1. Le droit international

À l'échelle internationale, une décision du Conseil de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) et deux conventions adoptées par le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) et l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) entendent donner un cadre pour la coopération en matière de produits chimiques – dont les pesticides.

La décision du Conseil de l'OCDE<sup>5</sup> relative à l'Acceptation mutuelle des données pour l'évaluation des produits chimiques (AMD) est entrée en vigueur le 12 mai 1981. Jusqu'alors, chaque pays pouvait réaliser ses propres essais pour un même produit chimique. La décision du Conseil vise donc à mutualiser les données obtenues afin de réduire les coûts associés à ces essais. Cette mutualisation est cependant soumise à deux conditions : le respect des « *lignes directrices* » et des « *bonnes pratiques de laboratoire* »<sup>6</sup>. Celles-ci renvoient aux méthodes scientifiques élaborées par des experts et reconnues par l'ensemble des pays membres. Selon Martin (2016), ces deux conditions renvoient aux « *méthodes scientifiques de production des*

---

<sup>5</sup> Les décisions sont adoptées par le Conseil et sont juridiquement contraignantes pour tous les membres (adhérents), à l'exception de ceux qui se sont abstenus au moment de leur adoption. Elles définissent des droits et des obligations spécifiques et peuvent prévoir des mécanismes de suivi de la mise en œuvre.

<sup>6</sup> Ann. I et II de la décision du Conseil relative à l'AMD.

*savoirs*<sup>7</sup> sur les produits chimiques » (p. 9). Initialement inscrites dans un objectif de préservation de la santé et de l'environnement, ces méthodes sont pourtant élaborées par une organisation internationale dont la première mission est le développement des échanges dans un contexte de mondialisation économique. Les experts à l'origine de ces méthodes sont des scientifiques, des salariés du secteur public et du secteur privé. À juste titre, la place des industriels et des lobbies mérite d'être questionnée en raison des intérêts qu'ils défendent (*ibid.*). Au-delà des interrogations qui pèsent sur la participation de ces acteurs, des limites intrinsèques aux méthodes élaborées sont mises en avant : « [...] *insuffisance de la modélisation de l'environnement ayant pour conséquence des estimations grossières même pour l'étude des composés hautement persistants, problèmes liés à la présence d'impuretés dans les substances soumises aux essais, [...] difficultés liées à l'extrapolation à l'homme des essais réalisés sur les animaux [...].* » (Martin, 2016, p. 16). La confiance accordée aux lignes directrices et aux bonnes pratiques de laboratoire peut donc se trouver limitée (*ibid.*). Pour autant, la décision du Conseil de l'OCDE engage les États adhérents à se faire confiance mutuellement quant aux données produites sur les produits chimiques. En 1991, les États-Unis ont approuvé l'utilisation du glyphosate à la suite d'études réalisées par Monsanto. Cet exemple met en évidence les problématiques mentionnées précédemment, compte tenu des controverses actuelles liées à l'emploi de ce produit (Lambert, 2020).

Toutefois, il est possible pour les pays de refuser un produit qu'ils ne sont pas en mesure de gérer en toute sécurité. En effet, la [Convention de Rotterdam](#)<sup>8</sup> – adoptée le 10 septembre 1998 – permet aux gouvernements de décider par « *consentement préalable en connaissance de cause* » quels produits chimiques jugés comme potentiellement dangereux ils souhaitent importer ou non. Par le biais de cette convention, la coopération entre les différents pays signataires est encouragée afin de faciliter les échanges d'informations sur les caractéristiques des produits chimiques potentiellement dangereux<sup>9</sup>. La liste des produits chimiques<sup>10</sup> soumis à la procédure de consentement préalable en connaissance de cause est issue de données obtenues par des méthodes scientifiquement reconnues – méthodes similaires à la décision du Conseil de

---

<sup>7</sup> « *La production des savoirs sur les pesticides consiste dans l'élaboration de données ou informations de nature scientifique sur une impressionnante quantité de points allant de la simple dénomination chimique aux effets sur l'environnement et la santé.* » (Martin, 2016, pp. 6-7)

<sup>8</sup> Cette convention lie de manière contraignante l'ensemble des États qui l'ont ratifiée, acceptée, approuvée ou qui y ont adhéré (art. 25), soit 165 États à ce jour.

<sup>9</sup> Art. 1 de la Convention de Rotterdam.

<sup>10</sup> Ann. II et III de la Convention de Rotterdam.

l'OCDE relative à l'AMD. Entrée en vigueur en France en 2004, cette convention est mise en œuvre en droit européen par l'actuel [règlement \(UE\) n°649/2012](#)<sup>11</sup>.

Alors que la Convention de Rotterdam laisse le choix aux pays d'importer ou non des produits chimiques potentiellement dangereux, la [Convention de Stockholm](#)<sup>12</sup> suit une logique différente visant à interdire certains de ces produits. Adoptée en 2001, elle se fixe comme objectif de protéger la santé humaine et l'environnement des polluants organiques persistants (POP)<sup>13</sup> en éliminant ou en réduisant la production, l'utilisation, le rejet et le stockage de ces produits. Entrée en vigueur en France en 2004, cette convention a été reprise en droit de l'Union européenne par une série de règlements refondus dans l'actuel [règlement \(UE\) 2019/1021](#)<sup>14</sup>.

Enfin, il convient de mentionner que l'étiquetage des produits chimiques est encadré à l'échelle internationale. Le système général harmonisé de classification et d'étiquetage des produits chimiques (SGH) est né en 2005 et son élaboration avait débuté dans le cadre de la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement (CNUED) de 1992. Ce système vise principalement à classer les dangers des produits chimiques et à les communiquer à l'aide d'étiquettes et de fiches de données de sécurité (FDS). À l'échelle européenne, le système SGH a été mis en application à partir de 2009 par le biais du [règlement \(CE\) n°1272/2008](#)<sup>15</sup> dit « CLP » pour « *Classification, Labelling, Packaging* ».

### 1.3.2. Le droit européen

À l'échelle européenne, la mise sur le marché et l'évaluation des produits phytopharmaceutiques relèvent du [règlement \(CE\) n°1107/2009](#)<sup>16</sup>. Ce règlement vise à établir « *les règles régissant l'autorisation des produits phytopharmaceutiques présentés sous leur forme commerciale ainsi que la mise sur le marché, l'utilisation et le contrôle de ceux-ci à*

---

<sup>11</sup> Règlement (UE) n°649/2012 du Parlement européen et du Conseil du 4 juillet 2012 concernant les exportations et importations de produits chimiques dangereux (refonte).

<sup>12</sup> Celle-ci a été ratifiée, acceptée, approuvée ou fait l'objet d'une adhésion par 185 États.

<sup>13</sup> Art. 1 de la Convention de Stockholm.

<sup>14</sup> Règlement (UE) 2019/1021 du Parlement européen et du Conseil du 20 juin 2019 concernant les polluants organiques persistants (refonte).

<sup>15</sup> Règlement (CE) n°1272/2008 du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 relatif à la classification, à l'étiquetage et à l'emballage des substances et des mélanges, modifiant et abrogeant les directives 67/548/CEE et 1999/45/CE et modifiant le règlement (CE) n°1907/2006.

<sup>16</sup> Règlement (CE) n°1107/2009 du Parlement européen et du Conseil du 21 octobre 2009 concernant la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques et abrogeant les directives 79/117/CE et 91/414/CE.

*l'intérieur de la Communauté* »<sup>17</sup>. Afin d'obtenir cette autorisation, l'industriel en charge de sa production doit satisfaire à différents critères. En l'occurrence, il est primordial que la substance active ne présente pas d'effets nocifs sur la santé humaine ni d'effets inacceptables sur l'environnement. Pour cela, les industriels doivent réaliser de nombreux tests et essais conformes à des standards précisés au sein de deux règlements : l'un relatif aux seules substances actives, le [règlement \(UE\) n°283/2013](#)<sup>18</sup> et l'autre aux produits phytopharmaceutiques, le [règlement \(UE\) n° 284/2013](#)<sup>19</sup>. Le dossier monté par les industriels à l'issue des tests et des essais est ensuite évalué à deux niveaux. Au niveau européen, l'évaluation ne vise que l'autorisation des substances actives par l'Autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA). L'évaluation et l'autorisation des produits phytopharmaceutiques finaux sont quant à elles réalisées au niveau national. En France, c'est l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) qui se charge de faire ces dernières évaluations.

À l'instar de la Décision du conseil de l'OCDE relative à l'AMD, la réglementation européenne précitée est à l'origine de la production des savoirs sur les pesticides ([Martin, 2016](#)). Les méthodes scientifiques – élaborées par les autorités réglementaires – auxquelles doivent se référer les industriels pour réaliser leurs études sont alors affirmées comme « *les méthodes réglementaires de production des savoirs* » ([ibid.](#), p. 7). À nouveau, ces différentes méthodes peuvent présenter des limites en raison du rôle joué par les industriels. Contrôler le contenu de ces méthodes scientifiques représente un enjeu particulier pour eux ([Martin, 2016](#)). En ce sens, l'approche qui est développée à travers ces règlements soulève légitimement la question de sa contribution à une logique de production de l'ignorance<sup>20</sup> quant aux savoirs produits sur les pesticides ([Brunier et al., 2020](#) ; [Décosse, 2013](#) ; [Dedieu & Jouzel, 2015](#) ; [Jas & Jouzel, 2015](#) ; [Jouzel, 2020](#) ; [Jouzel & Dedieu, 2013](#) ; [Martin, 2016](#)).

---

<sup>17</sup> Art. 1 du règlement (CE) n°1107/2009.

<sup>18</sup> Règlement (UE) n°283/2013 de la Commission du 1<sup>er</sup> mars 2013 établissant les exigences en matière de données applicables aux substances actives, conformément au règlement (CE) n°1107/2009 du Parlement européen et du Conseil concernant la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques.

<sup>19</sup> Règlement (UE) n°284/2013 de la Commission du 1<sup>er</sup> mars 2013 établissant les exigences en matière de données applicables aux produits phytopharmaceutiques, conformément au règlement (CE) n°1107/2009 du Parlement européen et du Conseil concernant la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques.

<sup>20</sup> Aussi appelé « *agnologie* », ce champ d'études vise à expliquer comment « *les industriels et/ou les États cherchent à contrôler la production et la circulation de connaissances scientifiques sur les effets sanitaires et environnementaux délétères d'activités et de produits industriels* » ([Jas, 2015, p. 33](#)).



Les tests et les essais réalisés par les industriels doivent leur permettre de déterminer le niveau acceptable d'exposition des travailleurs (« *Acceptable operator exposure level* » (AOEL)) pour la substance examinée. Toutefois, la caractérisation de ce niveau ne permet pas de tenir compte de la toxicité chronique et des potentiels effets cocktails (Jas, 2007 ; Jouzel & Dedieu, 2013 ; Thevenot, 2014). Effectivement, les essais – allant d'un mois à deux ans – ne concernent que des doses relativement élevées d'un pesticide isolé. Les méthodes scientifiques basées sur la définition de l'AOEL rendent le risque pesticide mesurable et par conséquent maîtrisable (Dedieu & Jouzel, 2015 ; Jas & Jouzel, 2015 ; Jouzel & Dedieu, 2013). Cet « *usage contrôlé des pesticides* » (Décosse, 2013) s'intensifie dès lors que les industriels peuvent prescrire des EPI si la dose d'exposition estimée est supérieure à l'AOEL (Dedieu & Jouzel, 2015 ; Garrigou *et al.*, 2020 ; Jouzel & Prete, 2017). Les EPI occupent une place importante dans la prévention des risques liés à l'utilisation des pesticides. Testés dans des conditions ne reflétant pas la réalité des pratiques agricoles, ces équipements se révèlent très souvent mal adaptés aux conditions réelles de travail et leur efficacité est limitée (Garrigou *et al.*, 2008, 2011, 2012, 2020). Nonobstant ces différents constats, les autorités et les institutions de prévention continuent de proposer aux agriculteurs ces moyens de protection tandis que des autorisations de mise sur le marché de certaines substances devraient se voir refusées (Dedieu & Jouzel, 2015 ; Garrigou *et al.*, 2020 ; Jouzel, 2020). Les prescriptions liées au port des EPI encouragent donc l'emploi de substances toxiques et, dans un même temps, transfèrent la responsabilité sur les agriculteurs dès lors que des effets sur leur santé surviennent (Décosse, 2013 ; Nicourt & Girault, 2009). Les effets pathogènes de certaines substances sont alors ignorés. En ce sens, Thevenot (2014) avance que « *la procédure d'autorisation de mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques traduit [...] une certaine insécurité juridique* » (p. 95).

En somme, les études réalisées par les industriels et dites « *ex ante* » comportent de nombreuses limites (Jouzel & Dedieu, 2013). Le suivi « *post-homologation* » des substances mises sur le marché devrait être plus rigoureux (*ibid.*). Les études épidémiologiques permettant d'évaluer les situations d'exposition dans les conditions réelles de travail sont cependant peu prises en compte en raison des méthodologies employées – différentes des « *bonnes pratiques de laboratoire* » prescrites par la réglementation européenne. Cette forme de « *cécité institutionnalisée vis-à-vis des connaissances produites par les épidémiologistes* » (Jouzel, 2020, p. 7) alimente la production de l'ignorance.



Dans ce contexte, les intérêts en cause sont multiples et à l'origine de compromis entre certains intérêts industriels et les impératifs liés à la protection de la santé et de l'environnement. Selon [Thevenot \(2014\)](#), le principe de précaution<sup>21</sup> reconnu par le [règlement \(CE\) n°1107/2009](#) peut tout de même se voir limité par le principe de proportionnalité, qui ouvre la possibilité d'un contrôle par le juge. L'article 1 précise que « *le présent règlement vise à assurer un niveau élevé de protection de la santé humaine et animale et de l'environnement et à améliorer le fonctionnement du marché intérieur par l'harmonisation des règles concernant la mise sur le marché de produits phytopharmaceutiques, tout en améliorant la production agricole* ». Les décisionnaires politiques se livrent donc à une mise en balance des différents intérêts en jeu, ce qui favorise l'apparition de situations d'« *insécurité juridique* » ([Thevenot, 2014](#)).

### 1.3.3. Le droit national

Au niveau national, le droit français encadre également la mise sur le marché des pesticides par la transposition de l'ensemble des directives et règlements susmentionnés. Cependant, le désir d'encadrer la mise sur le marché des pesticides en France est né bien avant que le droit de l'Union européenne intervienne en la matière ([Jas, 2007](#) ; [Thevenot, 2014](#)). En effet, une première loi a vu le jour le 04 août 1903 afin de mettre les agriculteurs à l'abri de commerçants peu scrupuleux qui avaient tendance à vendre des préparations avec des quantités de cuivre insuffisantes. Les problématiques sanitaires associées à l'utilisation de ces produits n'étaient pas encore considérées ([Bonnefoy, 2012](#) ; [Jas, 2007, 2008](#)). Il a fallu attendre la loi du 02 novembre 1943<sup>22</sup> pour que les produits soient soumis à une homologation préalable à leur mise sur le marché. Les fabricants étaient désormais obligés de prouver leur efficacité ainsi que leur non-toxicité dans les conditions préconisées. Aujourd'hui, le [règlement \(CE\) n°1107/2009](#) relatif à la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques est intégralement transposé en droit français. Cette transposition s'opère au sein de deux sources législatives distinctes : le Code du travail et le Code rural et de la pêche maritime. Cependant, en termes de mise sur le marché et d'évaluation des pesticides, il faut spécifiquement se référer au Code rural et de la pêche maritime<sup>23</sup> puisqu'aucune disposition n'est reprise au sein du Code du travail. En complément du [règlement \(CE\) n°1107/2009](#), la loi d'avenir pour l'agriculture, l'alimentation

---

<sup>21</sup> Art. 1 du règlement (CE) 1107/2009.

<sup>22</sup> Loi n°525 du 2 novembre 1943 relative à l'organisation du contrôle des produits antiparasitaires à usage agricole.

<sup>23</sup> Art. L.253-1, R.253-1 et s. du Code rural et de la pêche maritime.

et la forêt du 13 octobre 2014<sup>24</sup> prévoit de renforcer les processus de contrôle des pesticides. De plus, elle vise à davantage surveiller les effets de ces produits sur la santé humaine et l'environnement par la mise en place de la phytopharmacovigilance. Cette mission requiert de la part de l'ANSES – en charge de l'évaluation complète des produits phytopharmaceutiques – de réagir rapidement dès lors qu'une dangerosité liée à l'utilisation est identifiée.

---

<sup>24</sup> Loi n°2014-1170 du 13 octobre 2014 d'avenir pour l'agriculture, l'alimentation et la forêt.

## Chapitre 2. Les expositions professionnelles aux pesticides

L'utilisation de pesticides dans le cadre de l'activité professionnelle concerne divers secteurs d'activité tels que l'agriculture (Laurent *et al.*, 2016), l'entretien des espaces verts (De Graaf *et al.*, 2020, 2022) et l'industrie du bois (Kauppinen *et al.*, 1993 ; Partanen *et al.*, 1985). En raison de l'orientation du travail de recherche, la première partie de ce chapitre s'intéresse plus particulièrement aux expositions professionnelles aux pesticides survenant à l'occasion du travail agricole (§2.1). Au vu de l'existence de ces situations, la deuxième partie de ce chapitre vise à détailler les diverses sources juridiques encadrant les conditions d'utilisation des pesticides en matière de santé et de sécurité. Ces sources – à l'instar de celles associées à la mise sur le marché des pesticides – présentent des limites en raison du paradigme déterministe dans lequel elles s'inscrivent (§2.2). En dépit de ce phénomène, de nombreux acteurs sont mobilisés pour mener des actions de prévention au niveau national (§2.3). Cependant, ces actions ne semblent pas suffisantes du fait des nombreux professionnels toujours exposés. En leur qualité de victime, l'enjeu pour ces professionnels est alors de faire reconnaître leur maladie professionnelle afin d'accéder à une réparation de leur dommage. Néanmoins, cette procédure soulève elle-même des questions en raison de la rigidité du dispositif (§2.4).

### 2.1. Le cas du travail agricole

Le secteur agricole est constitué d'une population de travailleurs particulièrement touchée par les expositions aux pesticides et les effets qui en découlent (Alavanja, 2009 ; Laurent *et al.*, 2016 ; Lebailly *et al.*, 2007). Ce phénomène est d'autant plus problématique que les agriculteurs sont soumis dans leur activité quotidienne à d'autres risques d'ordre financier, productif ou encore institutionnel (Komarek *et al.*, 2020). Ces risques doivent être rapprochés de la complexité inhérente à l'activité agricole (Beaujouan *et al.*, 2021 ; Béguin & Pueyo, 2011 ; Cerf, 1996 ; Cerf & Sagory, 2004 ; Jourdan, 1990 ; Sznalwar, 1992). L'évolution et la modernisation permanentes des techniques jouent un rôle dans cette complexité puisqu'elles nécessitent une constante adaptation de la part des agriculteurs (Jourdan, 1990). L'incessante recherche de compromis fait partie intégrante de l'activité des agriculteurs, mais ces compromis peuvent être à l'origine de situations à risque, dont celles liées à l'exposition aux pesticides (Garrigou *et al.*, 2004, 2008 ; Mohammed-Brahim & Garrigou, 2009).

Les expositions professionnelles aux pesticides en agriculture ont fait l'objet de plusieurs études, dont un rapport d'expertise collective produit en 2016 par l'ANSES (Laurent *et al.*, 2016). Ce rapport avait pour objectif « *d'identifier, évaluer et caractériser les expositions à risque des travailleurs agricoles aux pesticides dans l'agriculture afin de proposer des actions de réduction ciblées et proportionnées par des moyens de prévention* » (p. 3). En vue de produire des connaissances sur ces expositions, le rapport opère une revue de la littérature systématique sur les études menées en France. Quatre études menées au sein d'exploitations agricoles françaises (Baldi *et al.*, 2006, 2012, 2014 ; Lebailly *et al.*, 2009) présentent un intérêt particulier dans le cadre de notre travail de thèse compte tenu de la localité des exploitations (France), des cultures étudiées (vigne et grande culture) et des pulvérisateurs utilisés (trainés et tractés). Les résultats de ces études – présentés dans le tableau ci-dessous (*cf.* Tableau 1, p. 48) – mettent en évidence que les mains, les avant-bras et les bras sont les parties du corps les plus exposées. Les résultats révèlent également que la nature des tâches lors des traitements (préparation, application ou nettoyage) ou des autres travaux (levage, coupe ou récolte), leur fréquence et le type d'équipement de pulvérisation utilisé jouent un rôle important sur la contamination des agriculteurs aux pesticides. Baldi *et al.* (2012) ajoutent parmi ces facteurs le niveau d'éducation, le statut de l'agriculteur et les caractéristiques générales de la vigne.

Sapbamrer et Thammachai (2020) ont mis en évidence que les facteurs démographiques, comportementaux et psychosociaux, environnementaux et la structure des exploitations influent sur l'utilisation des EPI par les agriculteurs. Bien que le recours à ces équipements peut réduire le risque de contamination, leur respect d'utilisation est faible (MacFarlane *et al.*, 2013). Souvent mal adaptés aux conditions réelles de travail, ils ne permettent que trop rarement aux agriculteurs d'exécuter leur tâche de façon confortable (Garrigou *et al.*, 2008, 2011, 2012, 2020). Malgré le respect des mesures de sécurité, les phases d'activité telles que la préparation, l'application et le nettoyage du matériel restent exposantes et contaminantes pour les agriculteurs (Garrigou *et al.*, 2008). Cela reflète la faible prise en compte, de la part des professionnels mettant au point l'ensemble de ces mesures de sécurité, de la complexité des situations de travail des agriculteurs. Ce « *transfert de technologies mal contrôlé* » (Garrigou *et al.*, 2012), a pour effet de favoriser l'écart entre ce qui est prescrit en matière de santé et de sécurité et ce qu'il est réellement possible de faire pour les agriculteurs (Garrigou *et al.*, 2011 ; Mohammed-Brahim & Garrigou, 2009).

Auteurs	Sujet	Échantillon	Méthode	Résultats principaux
(Baldi <i>et al.</i> , 2006)	Contamination des travailleurs par les pesticides dans les vignobles en France	Exploitations viticoles girondines	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mesure des expositions pour trois phases d'activité : préparation, application et nettoyage.</li> <li>- Patchs sur le corps entier, pompes pour prélèvements atmosphériques, récupération des eaux de lavage de mains.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contamination la plus importante sur les mains : 49% pour la préparation et 56,2% pour la pulvérisation.</li> <li>- La contamination augmente avec le nombre de traitements réalisés et lors du nettoyage du matériel.</li> <li>- Le type d'équipement de pulvérisation joue un rôle important sur la contamination.</li> </ul>
(Baldi <i>et al.</i> , 2012)	Niveaux et déterminants de l'exposition aux pesticides des agriculteurs impliqués dans le traitement de la vigne	Exploitations viticoles girondines	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mesure des expositions pour trois phases d'activité : préparation, application et nettoyage.</li> <li>- Patchs sur le corps entier et récupération des eaux de lavage de mains.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La phase d'application est la plus contaminante (50%). Ensuite, il s'agit de la phase de préparation (30%) et de nettoyage (20%).</li> <li>- Le nombre de traitements, le type d'équipement de pulvérisation, le niveau d'éducation de l'agriculteur, son statut et les caractéristiques générales de la vigne jouent un rôle important sur la contamination.</li> </ul>
(Baldi <i>et al.</i> , 2014)	Niveaux et déterminants de l'exposition aux pesticides des agriculteurs lors de la réentrée en vigne	Exploitations viticoles girondines	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mesure des expositions pour deux phases d'activité : réentrée et récolte.</li> <li>- Patchs sur le corps entier et récupération des eaux de lavage de mains.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En réentrée, contamination la plus importante durant le lavage et la coupe de branches.</li> <li>- Lors de la récolte, contamination la plus importante durant la cueillette.</li> <li>- Pour ces deux activités, les parties du corps les plus exposées sont les bras et les avant-bras.</li> </ul>
(Lebailly <i>et al.</i> , 2009)	Expositions aux pesticides en grande culture en France	Exploitations en grandes cultures du Calvados	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mesure des expositions pour deux phases d'activité : préparation et application</li> <li>- Technique de dosimétrie du corps entier</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les mains et les avant-bras sont les parties du corps les plus exposées en phase de préparation. En phase d'application, ce sont les mains.</li> <li>- Le type d'équipement de pulvérisation et le nombre de traitements jouent un rôle important sur la contamination.</li> </ul>

Tableau 1 – Résultats principaux de quatre études menées en France sur l'exposition aux pesticides des agriculteurs

## 2.2. Le contexte réglementaire encadrant l'utilisation des pesticides en matière de santé et de sécurité

L'apparition d'un droit de l'hygiène, de la sécurité et des conditions de travail est étroitement liée aux conditions historiques qui ont présidé au développement du droit du travail dans un contexte industriel. À partir du début du XX<sup>e</sup> siècle, l'adoption de mesures législatives et réglementaires traitant de la santé et de la sécurité au travail s'est accélérée (Badel *et al.*, 2018 ; Boisselier, 2004 ; Supiot, 2019 ; Verkindt, 2017). En raison des fortes contraintes pesant sur les corps des travailleurs dans le secteur industriel, les premières réglementations visaient avant tout à protéger leur dimension biologique (Boisselier, 2004 ; Chaignot Delage, 2017 ; Supiot, 2019 ; Verkindt, 2017). Il faudra attendre la loi du 6 décembre 1976<sup>25</sup> pour que la question de la prévention prenne véritablement sens en droit français (Boisselier, 2004 ; Supiot, 2019 ; Verkindt, 2017). Une seconde étape décisive interviendra avec l'adoption de la directive 89/391/CE<sup>26</sup>, laquelle pose le cadre et les principes généraux de la démarche de prévention visant à l'amélioration de la santé et de la sécurité des travailleurs afin de réduire les accidents du travail et les maladies professionnelles<sup>27</sup>. En matière de santé et de sécurité au travail, le droit applicable présente aujourd'hui un réel degré de complexité, en raison de la diversité des sources, des régimes de responsabilité et de réparation mis en œuvre, ainsi que des acteurs concernés (Badel *et al.*, 2018 ; Garnier, 2019 ; Petit & Garnier, 2021 ; Véricel, 2021a).

### 2.2.1. Le droit international

L'Organisation internationale du travail (OIT) a adopté plusieurs instruments pertinents en matière de santé et sécurité au travail qui abordent les conditions d'usage des produits chimiques. Elle a notamment adopté, en 2001, la convention (n°184) sur la sécurité et la santé dans l'agriculture<sup>28</sup>. Cette convention s'inscrit dans un ensemble d'instruments plus large qui traite de la prévention des risques professionnels (Lerouge, 2016, 2021a), tels que la convention (n°187) sur le cadre promotionnel pour la sécurité et la santé au travail, adoptée en 2006<sup>29</sup>, la

---

<sup>25</sup> Loi n°76-1106 du 6 décembre 1976 relative au développement de la prévention des accidents du travail.

<sup>26</sup> Directive du Conseil du 12 juin 1989 concernant la mise en œuvre des mesures visant à promouvoir l'amélioration de la sécurité et de la santé des travailleurs au travail (89/391/CEE).

<sup>27</sup> Consid. 10 de la directive 89/391/CEE.

<sup>28</sup> Ratifiée par la France en 2021.

<sup>29</sup> Ratifiée par la France en 2014.

convention (n°155) sur la sécurité et la santé des travailleurs, adoptée en 1981<sup>30</sup>, ou encore la convention (n°170) sur les produits chimiques, adoptée en 1990<sup>31</sup>. Il faut souligner que, très récemment, les conventions (n°155) et (n°187) ont été promues au rang des conventions fondamentales, au sens de la Déclaration de l'OIT relative aux principes et droits fondamentaux au travail, de 1998. Il s'agit d'une déclaration de nature essentiellement promotionnelle, qui reconnaît aujourd'hui le droit fondamental à un milieu de travail sûr et salubre<sup>32</sup>.

La convention (n°184) fixe des normes minimales en matière de santé et de sécurité en vue de garantir aux travailleurs du secteur agricole la même protection que celle dont bénéficient les travailleurs d'autres secteurs. Elle prévoit notamment que les employeurs et les travailleurs doivent appliquer et respecter des mesures de prévention<sup>33</sup>. En ce qui concerne l'utilisation des produits chimiques, la convention vise à une gestion rationnelle de ces substances<sup>34</sup>, en imposant aux nations d'adopter un système d'utilisation sûre quant à la santé et à la sécurité.

### 2.2.2. Le droit européen

Outre les évaluations de substances et les autorisations de mise sur le marché qui en découlent, le droit de l'Union européenne vise également à encadrer les conditions d'usage de ces substances sous l'angle de la santé et de la sécurité au travail. Même si la préoccupation initiale visait avant tout à favoriser la circulation des substances entre les différents États membres, il est apparu également important de définir des repères communs en matière de santé et de sécurité. En effet, afin de réduire les inégalités entre les différents États membres<sup>35</sup> quant à la protection des travailleurs contre les risques liés à une exposition à des agents chimiques, physiques et biologiques, une première directive a vu le jour en 1980 ([Directive 80/1107/CEE](#)). Les mesures présentes au sein de cette directive ont été les prémices des principes de prévention qui seront énoncés neuf ans plus tard au sein de la [directive 89/391/CE](#)<sup>36</sup> ([Chaumette, 1992](#)).

---

<sup>30</sup> Non ratifiée par la France.

<sup>31</sup> Non ratifiée par la France.

<sup>32</sup> Rapport soumis à la 110<sup>ème</sup> Conférence internationale du travail.

<sup>33</sup> Art. 7 de la convention (n°184).

<sup>34</sup> Art. 12, 13 et 14 de la convention (n°184).

<sup>35</sup> Consid. 2 de la directive du Conseil du 27 novembre 1980 concernant la protection des travailleurs contre les risques liés à une exposition à des agents chimiques, physiques et biologiques pendant le travail (80/1107/CEE).

<sup>36</sup> Art. 6 de la directive 89/391/CEE.

La [directive 89/391/CE](#) représente un tournant important dans le domaine de la prévention des risques au travail, y compris pour les travailleurs agricoles<sup>37</sup>. Inspirée de la [convention \(n°155\)](#)<sup>38</sup> de l'OIT, la [directive 89/391/CE](#) prévoit que « *l'employeur est obligé d'assurer la sécurité et la santé des travailleurs dans tous les aspects liés au travail* »<sup>39</sup>. Il est du ressort des États membres de déterminer la portée juridique de cette obligation. En effet, une décision de la Cour de justice de l'Union européenne (CJUE) du 14 juin 2007<sup>40</sup> permet aux États membres de limiter la responsabilité de l'employeur « *à ce qui est raisonnablement praticable* ». Ainsi, l'obligation qui pèse sur l'employeur en vertu de la [directive 89/391/CE](#), qui a un temps été qualifiée d'obligation de sécurité de résultat par le juge français, peut être circonscrite à une obligation de moyens, voire de moyens renforcés ([De Montvalon, 2018](#)). Afin de remplir son engagement, l'employeur est tenu de respecter les neuf principes de prévention énoncés au sein de la [directive 89/391/CE](#), ainsi que la législation et la réglementation qui leur donnent effet. Selon [Verkindt \(2021\)](#), avec cette directive, la prévention se dote d'une puissance particulière en raison des différents principes imposés à l'employeur. Parmi ces principes figure l'évaluation des risques qui a fait l'objet d'une réforme avec la loi n°2021-1018<sup>41</sup> ([Véricel, 2021b](#)). À ce titre, une décision de la CJUE du 15 novembre 2001<sup>42</sup> a eu l'occasion de rappeler que « *les risques professionnels devant faire l'objet d'une évaluation par les employeurs ne sont pas déterminés une fois pour toutes, mais évoluent constamment en fonction, notamment, du développement progressif des conditions de travail et des recherches scientifiques en matière de risques professionnels* »<sup>43</sup>. En dépit des débats sur la portée de l'obligation de sécurité de l'employeur (de résultat ou de moyens), cette décision permet d'attester de l'importance de la prise en compte des conditions réelles de travail et de leurs évolutions.

---

<sup>37</sup> Art. 2 de la directive 89/391/CE.

<sup>38</sup> Convention (n°155) de l'OIT sur la santé et la sécurité des travailleurs.

<sup>39</sup> Art. 5 de la directive 89/391/CE.

<sup>40</sup> Affaire C-127/05 du 14 juin 2007, Commission des Communautés européennes contre Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord.

<sup>41</sup> Loi n°2021-1018 du 2 août 2021 pour renforcer la prévention en santé au travail.

<sup>42</sup> Affaire C-49/00 du 15 novembre 2001, Commission des Communautés européennes contre République italienne.

<sup>43</sup> Appréciation de la Cour sur le premier grief, paragr. 13 de la décision C-49/00 du 15 novembre 2001.



En matière de protection liée à l’usage des substances chimiques, et ce même si la [directive 89/391/CE](#) en fait mention à deux reprises<sup>44</sup>, ce sont les directives [90/394/CEE](#)<sup>45</sup> et [98/24/CE](#)<sup>46</sup> qui encadrent respectivement la protection des travailleurs contre les risques liés à l’exposition à des agents cancérigènes et ceux liés à des agents chimiques. En 2014, la [directive 2014/27/UE](#)<sup>47</sup> est venue réviser les deux précédentes afin de les aligner sur le nouveau système établi dans le [règlement \(CE\) n°1272/2008](#) relatif à la classification, à l’étiquetage et à l’emballage des substances et des mélanges<sup>48</sup>.

Malgré les intentions préventives et sécuritaires portées par l’ensemble de ces directives, les mesures mises en place peuvent – pour certaines – inciter une nouvelle fois à penser que l’exposition à une substance dangereuse est un risque mesurable et maîtrisable. En effet, certaines mesures de prévention reposent sur la notion de valeur limite<sup>49</sup>. Ces normes imposées s’inscrivent dans un paradigme déterministe établi sur la base de compromis réalisés entre les connaissances scientifiques et les rapports entre les partenaires sociaux ([Henry, 2017](#) ; [Thébaud-Mony, 2006](#) ; [Trinquet, 2009](#)). Ce paradigme fait valoir une relation déterministe de cause (une seule substance) à effet à partir d’une dose seuil sans tenir compte de l’activité de travail ([Garrigou, 2011](#) ; [Mohammed-Brahim & Garrigou, 2009](#)). À ce niveau, la responsabilité est très souvent reportée sur les agriculteurs quant à leur choix de porter ou non des EPI ([Mohammed-Brahim, 2015a](#)) alors que leur efficacité est limitée et qu’ils sont rarement adaptés aux conditions réelles de travail ([Garrigou et al., 2008, 2011, 2012, 2020](#)). Si « *l’amélioration de la sécurité, de l’hygiène et de la santé des travailleurs au travail représente un objectif qui ne saurait être subordonné à des considérations de caractère purement économique* »<sup>50</sup>, cet objectif peut être fragilisé en raison des évolutions technologiques et des intérêts visant aussi à répondre aux exigences économiques ([Verkindt, 2021](#)).

---

<sup>44</sup> Art. 6 et 13 de la directive 89/391/CE.

<sup>45</sup> Directive du Conseil du 28 juin 1990 concernant la protection des travailleurs contre les risques liés à l’exposition à des agents cancérigènes au travail (sixième directive particulière au sens de l’article 16 paragraphe 1 de la directive 89/391/CEE) (90/394/CEE).

<sup>46</sup> Directive 98/24/CE du Conseil du 7 avril 1998 concernant la protection de la santé et de la sécurité des travailleurs contre les risques liés à des agents chimiques sur le lieu de travail (quatorzième directive particulière au sens de l’article 16, paragraphe 1, de la directive 89/391/CEE).

<sup>47</sup> Directive 2014/27/UE du Parlement européen et du Conseil du 26 février 2014 modifiant les directives du Conseil 92/58/CEE, 92/85/CEE, 94/33/CE, 98/24/CE et la directive 2004/37/CE du Parlement européen et du Conseil afin de les aligner sur le règlement (CE) n°1272/2008 relatif à la classification, à l’étiquetage et à l’emballage des substances et des mélanges.

<sup>48</sup> Consid. 4 et 5 de la directive 2014/27/UE.

<sup>49</sup> Art. 3 de la directive 98/24/CE.

<sup>50</sup> Consid. 13 de la directive 89/391/CEE et consid. 3 de la directive 98/24/CE.

En 2009, afin de parvenir à une utilisation durable des pesticides, la [directive 2009/128/CE](#)<sup>51</sup> a été adoptée. En termes de conditions de travail, cette directive prévoit la formation obligatoire de tous les utilisateurs professionnels, distributeurs et conseillers<sup>52</sup>. À l'issue de cette formation, les participants obtiennent un certificat<sup>53</sup>. En France, il s'agit du Certiphyto<sup>54</sup>. La directive prévoit également un nouveau cadre réglementaire concernant l'inspection des pulvérisateurs en service. En effet, les États membres doivent désormais veiller « *à ce que le matériel d'application des pesticides utilisés par les professionnels fasse l'objet d'inspections à intervalles réguliers. L'intervalle entre les inspections ne doit pas dépasser cinq ans jusqu'en 2020 et trois ans par la suite* »<sup>55</sup>. Dans l'intention d'assurer un niveau élevé de protection de la santé humaine et de l'environnement, les inspections consistent à satisfaire différentes exigences de vérification<sup>56</sup>. Enfin, la [directive 2009/128/CE](#) prévoit également la mise en place de plans d'action au niveau national afin de fixer des objectifs qui visent à utiliser les pesticides de façon compatible avec le développement durable<sup>57</sup>.

### 2.2.3. Le droit national

En matière de normes relatives à la santé et à la sécurité, le Code du travail a repris les exigences du droit européen et plus spécifiquement celles de la [directive 89/391/CE](#)<sup>58</sup> et les neuf principes de prévention qu'elle affirme – également applicables au secteur agricole. À ce niveau, une difficulté apparaît puisque les travailleurs agricoles sont à la croisée de deux réglementations, l'une d'application générale (Code du travail) et l'autre d'application sectorielle (Code rural et de la pêche maritime), laquelle renvoie régulièrement à la précédente ([Tauran, 2012](#)). Le Code rural et de la pêche maritime – en comparaison au Code du travail – tient compte des particularités du secteur agricole. En effet, il prend davantage en compte les contraintes spécifiques liées à ce secteur, telles que les contraintes climatiques et saisonnières. L'articulation entre ces deux codes est cependant source d'incertitudes. Les employeurs

---

<sup>51</sup> Directive 2009/128/CE du Parlement européen et du Conseil du 21 octobre 2009 instaurant un cadre d'action communautaire pour parvenir à une utilisation des pesticides compatible avec le développement durable.

<sup>52</sup> Art. 1 de la directive 2009/128/CE.

<sup>53</sup> Art. 5 de la directive 2009/128/CE.

<sup>54</sup> Art. L. 254-1 et s. du Code rural et de la pêche maritime.

<sup>55</sup> Art. 8 de la directive 2009/128/CE.

<sup>56</sup> Ann. II de la directive 2009/128/CE.

<sup>57</sup> Art. 4 de la directive 2009/128/CE.

<sup>58</sup> Transposée en droit français par la loi n°91-1414 du 31 décembre 1991 modifiant le Code du travail et le Code de la santé publique en vue de favoriser la prévention des risques professionnels et portant transposition de directives européennes relatives à la santé et à la sécurité au travail.

agricoles doivent par exemple respecter les règles de sécurité prévues par le Code du travail mais également les règles de sécurité spécifiques au Code rural et de la pêche maritime, notamment pour les travaux forestiers et la prévention des accidents. Ces incertitudes sont d'autant plus déterminantes que le Code du travail traite des travailleurs salariés, alors que le Code rural et de la pêche maritime envisage les travailleurs agricoles salariés et les exploitants. De plus, des difficultés similaires vont se manifester en matière de protection sociale entre le régime général et le régime agricole (Charbonneau, 2018 ; Tauran, 2012).

Compte tenu des exigences de la directive 2009/128/CE concernant la limitation ou l'interdiction de l'utilisation de pesticides dans certaines zones<sup>59</sup>, le droit français vise également à protéger – par la loi du 13 octobre 2014 – les établissements accueillant du public fragile (enfants, femmes enceintes, personnes malades ou âgées). Il faut cependant attendre le décret du 27 décembre 2019<sup>60</sup> pour que des mesures soient prises au sujet des riverains exposés aux pesticides (Grimonprez, 2020 ; Grimonprez & Bouchemma, 2020). Pour ces riverains, des distances minimales d'épandage doivent être respectées selon le type de cultures et de produits utilisés (5 mètres pour les cultures basses, 10 mètres pour les cultures hautes et 20 mètres pour les produits présentant des dangers spécifiques). Toutefois, en raison de certaines lacunes inhérentes aux dispositions de ce décret, une décision a été rendue le 26 juillet 2021<sup>61</sup> afin d'annuler partiellement certaines de ces dispositions. Par exemple, le décret ne prévoyait pas l'obligation d'informer les riverains sur la nature des produits utilisés pour l'épandage.

### 2.3. Les actions de prévention

Le droit français a longtemps privilégié l'indemnisation à la prévention (Davezies, 2006). Toutefois, la directive 89/391/CE a permis une évolution importante, à partir des années 90, favorisant la diffusion d'une culture de prévention (Dedieu & Jouzel, 2015). Celle-ci mobilise une diversité d'acteurs (Blatman, 2005) et se traduit notamment par des plans d'action qui, au niveau national, ont un effet structurant concernant les risques liés à l'usage des pesticides.

---

<sup>59</sup> Art. 12 de la directive 2009/128/CE.

<sup>60</sup> Décret n°2019-1500 du 27 décembre 2019 relatif aux mesures de protection des personnes lors de l'utilisation de produits phytopharmaceutiques à proximité des zones d'habitation.

<sup>61</sup> Conseil d'État, 3<sup>ème</sup> et 8<sup>ème</sup> ch. Réunies, 26 juillet 2021, n°437815.

### 2.3.1. Les acteurs de la prévention extérieurs à l'entreprise

Le système de prévention français mobilise deux sortes d'acteurs extérieurs à l'entreprise : d'une part, les acteurs de la santé publique et d'autre part, les acteurs de la santé et de la sécurité au travail.

Parmi les acteurs de la santé publique, l'ANSES évalue l'efficacité et les risques liés à l'utilisation des produits phytopharmaceutiques et délivre les autorisations de mise sur le marché de ces produits dans le cadre du [règlement \(CE\) n°1107/2009](#). Elle est également en charge du système de phytopharmacovigilance qui vise à surveiller les effets des produits phytopharmaceutiques sur la santé humaine et l'environnement.

En ce qui concerne les acteurs de la prévention en matière de santé et de sécurité au travail, il convient de distinguer les services de l'État, les organismes spécialisés et les organismes de sécurité sociale ([Badel \*et al.\*, 2018](#)). Parmi les services de l'État, les ministères – dont le ministère du Travail et le ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation (MAA) – mènent des politiques stratégiques relatives à la santé et à la sécurité en élaborant des plans de prévention. Des actions de prévention vont également être conduites par l'inspection du travail et les Directions régionales de l'économie, de l'emploi, du travail et des solidarités (DREETS). Parmi les organismes spécialisés, l'Agence nationale pour l'amélioration des conditions de travail (ANACT) assure différentes missions en matière de santé et de sécurité au travail. Le Conseil d'orientation des conditions de travail (COCT) assure également des missions en tant qu'instance d'orientation des politiques publiques. Enfin, pour les organismes de sécurité sociale, il convient de porter plus spécifiquement l'attention sur la Mutualité sociale agricole (MSA) qui constitue aujourd'hui et depuis plus de cent ans le régime de protection sociale obligatoire des personnes salariées et non-salariées du secteur agricole. Pour la prévention des risques liés à l'usage des pesticides, les actions de la MSA – assurées par des médecins du travail et des conseillers en prévention – se traduisent majoritairement par du conseil, de la formation et de l'information auprès des utilisateurs de ces produits ([Dedieu & Jouzel, 2015](#)).

De plus, afin de veiller et d'alerter sur les intoxications aux pesticides des agriculteurs, la MSA a mis en place en 1991 un dispositif de toxicovigilance : le réseau Phyt'attitude. Les informations recueillies par les médecins du travail et les conseillers en prévention au sein de ce réseau doivent alors être remontées auprès des fabricants et des pouvoirs publics ([Dedieu &](#)

Jouzel, 2015 ; Rambourg, 2018). L'intérêt de ce réseau s'est par exemple manifesté lors d'une série d'intoxications liées à la réentrée des travailleurs dans les champs venant d'être traités. L'arrêté du 12 septembre 2006<sup>62</sup> a ainsi donné lieu à la mise en place de délais légaux de réentrée pouvant aller de quelques heures à plusieurs jours (Jouzel & Dedieu, 2013).

Le réseau Phyt'attitude constitue aujourd'hui un des moyens de réaliser des suivis post-homologation des risques liés aux pesticides (Dedieu & Jouzel, 2015). Cependant, il existe certaines limites au fonctionnement de ce réseau. En effet, compte tenu des difficultés rencontrées par les agriculteurs à faire reconnaître leur statut de victime, il apparaît dans un premier temps un phénomène de sous-déclaration des intoxications (Nicourt & Girault, 2009). Les critères de compréhension de l'intoxication se traduisent principalement par le dépassement de l'AOEL ou le mauvais usage des EPI. De ce fait, la prise en compte des conditions réelles de travail et des expositions répétées sur le long terme à de faibles doses est moindre, voire inexistante. Selon Rambourg (2018), les intoxications aiguës représentent 85% des dossiers alors que les intoxications chroniques représentent 25%. Les autres limites concernent l'incidence des connaissances produites. À la suite des études nationales menées par la MSA sur les intoxications, il est du ressort de l'ANSES et du MAA de prendre des décisions. Cependant, même si le règlement (CE) n°1107/2009 prévoit le suivi post-homologation des pesticides<sup>63</sup>, il est rare que des études complémentaires soient demandées aux industriels (Dedieu & Jouzel, 2015). Les difficultés liées à la gestion des délais d'autorisation de mise sur le marché et à la contestation des méthodes scientifiques réglementaires que les autorités jugent efficaces sont les principales causes.

### 2.3.2. Le plan national ECOPHYTO

Au vu des impacts sans précédent des pesticides sur la santé humaine et l'environnement, l'état français a pris l'initiative de lancer en 2008, à la suite du Grenelle de l'environnement, le plan national ECOPHYTO. Piloté par la direction générale de l'alimentation (DGAL) du MAA, ce plan répond aux objectifs fixés par la directive 2009/128/CE. En effet, cette dernière exige que les États membres aient recours à des plans nationaux pour viser à une utilisation des pesticides

---

<sup>62</sup> Arrêté du 12 septembre 2006 relatif à la mise sur le marché et à l'utilisation des produits visés à l'article L. 253-1 du Code rural et de la pêche maritime.

<sup>63</sup> Art. 31 et 44 du règlement (CE) 1107/2009.

compatible avec le développement durable<sup>64</sup>. Le gouvernement a ainsi défini comme objectif de réduire le recours aux pesticides de 50% à l'horizon de 2018.

Les objectifs du plan ECOPHYTO I n'ont cependant pas été atteints selon une étude de [Guichard et al. \(2017\)](#) qui en trace le bilan. En effet, la consommation de pesticides a eu tendance à augmenter pendant les cinq premières années (5% entre 2009 et 2013). Les acteurs de la recherche et du développement (R&D) et des différentes filières du secteur agricole avaient pourtant, dès le début, émis des doutes concernant la possibilité de réduire les pesticides sans pour autant impacter la performance agricole. La mobilisation collective de l'ensemble des acteurs et la nécessité d'avoir une vision systémique du problème avaient été mal anticipées dans le plan ECOPHYTO I. Sur le plan symbolique, ce plan a tout de même eu des impacts positifs quant à la volonté des pouvoirs publics de réduire l'utilisation des pesticides. C'est pourquoi en 2015, le plan ECOPHYTO II a été proposé et les délais pour atteindre les objectifs ont été repoussés. Il est alors prévu de diminuer l'utilisation des pesticides de 25% en 2020 puis de 50% en 2025. Cette nouvelle version s'accompagne de nouveaux plans d'action tels que l'évolution des pratiques et des systèmes, l'appui à la R&D, la réduction des risques sur la santé humaine et l'environnement, la communication à l'ensemble des acteurs concernés et leur mobilisation. En novembre 2018, le plan ECOPHYTO II+ vient consolider les actions du plan ECOPHYTO II avec, par exemple, pour ambition de sortir de l'utilisation du glyphosate.

### 2.3.3. Le plan santé au travail

En raison des temporalités liées au projet de recherche, il convient de mentionner l'existence des plans santé au travail (PST) 3 (2016-2020) et 4 (2021-2025). Le PST représente – à l'instar du plan ECOPHYTO – un dispositif essentiel à la prévention de la santé et de la sécurité au travail. Établi pour une durée de 5 ans par le COCT, sous la tutelle du ministère du Travail, ce plan envisage davantage les conditions de travail en général. Même si le plan santé au travail ne constitue pas une obligation réglementaire, il reflète une volonté d'agir quant aux enjeux de santé et de sécurité au travail.

La prévention liée aux expositions à des produits chimiques fait l'objet, au sein du PST4, de différentes actions. Inscrites dans l'axe stratégique 1 qui vise à renforcer la prévention primaire

---

<sup>64</sup> Art. 4 de la Directive 2009/128/CE.

et la culture de prévention, ces actions sont les suivantes : « *renforcer la réglementation sur la prévention et la traçabilité des expositions au risque chimique et en faciliter l'application pour les petites entreprises via des outils adaptés* » ; « *accompagner les acteurs confrontés à l'amiante, notamment pour effectuer son repérage avant travaux et son retrait de manière sécurisée* » ; « *mieux connaître les expositions et polyexpositions professionnelles aux agents chimiques (perturbateurs endocriniens, nanomatériaux, poussières, etc.) afin de favoriser leur prévention, notamment via la substitution* » et « *favoriser les échanges et coopérations au niveau européen sur le risque chimique.* » (Plan santé au travail, 2021-2025, pp. 35-38).

## 2.4. La reconnaissance des maladies professionnelles

Les logiques sécuritaires et préventives instaurées par le droit international, européen et national ne permettent pas aujourd'hui de prévenir l'ensemble des situations d'exposition aux pesticides. Ces situations peuvent être à l'origine de maladies professionnelles, pour lesquelles les agriculteurs doivent engager des procédures de reconnaissance afin d'être indemnisés. L'employeur engage par ailleurs sa responsabilité pénale en cas d'infraction prévue par le Code du travail, par le Code rural et de la pêche maritime ou directement par le Code pénal. Il encourt alors une peine d'amende, voire, pour les infractions les plus graves, une peine d'emprisonnement (Coélet *et al.*, 2016 ; Gamet, 2021). Cependant, la voie pénale demeure en pratique peu employée.

### 2.4.1. La procédure de reconnaissance

Alors que l'accident du travail relève d'un fait accidentel caractérisé par sa dimension soudaine et imprévue, la maladie professionnelle est, quant à elle, la conséquence de l'exposition plus ou moins prolongée à un danger à l'occasion du travail. Dans le cas des situations d'exposition aux pesticides, même si la qualification d'accident du travail est envisageable, il est plus courant de se placer sur le terrain des maladies professionnelles.

Historiquement, la mise en visibilité des maladies professionnelles induites par les pesticides a commencé à s'accroître à l'issue de la Seconde Guerre mondiale (Jas, 2008). Les scandales liés, par exemple, aux victimes de l'amiante, de l'éther de glycol ou du dichloro-diphényl-trichloro-éthane (DDT) (Carson, 1962 ; Jouzel, 2009) ont permis d'encourager la mise en place de procédures de reconnaissance des maladies professionnelles avec un système



d'indemnisation né en 1919 (Davezies, 2006). Cependant, compte tenu de l'impérialisme des médecins quant à l'établissement d'un lien de causalité entre l'exposition et la maladie (Jas, 2008, 2010 ; Thébaud-Mony, 2006), ainsi que de la confiance accordée aux procédures d'homologation (Dedieu & Jouzel, 2015), le système de réparation fut très peu utilisé (Jas, 2010). Ce n'est qu'à la fin des années 90 que la MSA a commencé à reconnaître les maladies professionnelles induites par les pesticides (Dedieu & Jouzel, 2015). Aujourd'hui, la reconnaissance des maladies professionnelles est prévue par la loi et, plus spécifiquement par le Code de la sécurité sociale pour le régime général et par le Code rural et de la pêche maritime pour le régime agricole. La procédure de reconnaissance se fonde sur des tableaux de maladies professionnelles, qui précisent les conditions requises pour bénéficier d'une présomption d'imputabilité (Badel *et al.*, 2018). Ces conditions – inscrites dans chacun des tableaux – concernent la désignation de la maladie ; la durée d'exposition ou le délai de prise en charge ; et la liste limitative des travaux ou la substance susceptibles de provoquer la maladie. Lors de la procédure de reconnaissance, même si la maladie est inscrite au sein d'un tableau, il est très fréquent que les conditions prévues par celui-ci ne soient pas remplies. Dans cette hypothèse, il existe un régime complémentaire de reconnaissance des maladies professionnelles, accessible aux travailleurs dont la maladie ne correspond à aucun tableau ou qui ne remplit pas les exigences du tableau concerné. Dans les deux cas, la reconnaissance de la maladie professionnelle impliquera de prouver un lien direct et essentiel entre l'activité professionnelle habituelle et la maladie.

Avant toute chose, l'exposition aux pesticides va concerner des travailleurs qui relèvent de régimes très différents, selon qu'ils soient salariés ou non-salariés, qu'ils relèvent du régime général ou du régime agricole. Il en découle des conditions d'examen des demandes et de prise en charge différentes. Aujourd'hui, plusieurs tableaux du Code de la sécurité sociale et du Code rural et de la pêche maritime reconnaissent les maladies induites par l'exposition professionnelle aux pesticides. Par exemple, au sein du Code rural et de la pêche maritime, les tableaux n°58 et n°59 sont respectivement relatifs à la maladie de Parkinson et aux hémopathies malignes. Récemment, un nouveau tableau – le tableau n°61 – a été créé afin de reconnaître le cancer de la prostate parmi les maladies induites par l'exposition professionnelle aux pesticides. Le régime général prévoit également cette reconnaissance au sein du tableau n°102. Néanmoins, des inégalités surviennent entre le régime général et le régime agricole. Par exemple, le tableau n°58 ne figure pas au sein du Code de la sécurité sociale ne permettant pas



aux salariés du régime général de bénéficier de la même reconnaissance dans le cas d'une exposition professionnelle aux pesticides (Badel *et al.*, 2018).

La procédure de reconnaissance peut cependant s'avérer compliquée à mettre en œuvre pour les travailleurs. En effet, la récolte de données (médicales, statistiques, sur les produits utilisés, etc.) nécessaires à la constitution du dossier est délicate (Badel *et al.*, 2018). Les agriculteurs sont rarement préparés à cela et les démarches durent parfois très longtemps, ce qui peut se révéler décourageant (Jouzel & Prete, 2013, 2014). De plus, compte tenu des délais souvent importants entre l'exposition et l'apparition des premiers symptômes, il s'avère souvent difficile pour les agriculteurs d'établir la relation de cause à effet entre cette exposition et la détérioration de leur état de santé (Arhab-Girardin, 2020 ; Jouzel & Prete, 2013 ; Lucas, 2016 ; Vanuls, 2018). Cette difficulté est accentuée dès lors que cette détérioration est susceptible d'être induite par d'autres causes, telles que l'hérédité, l'hygiène de vie et encore le tabac (Jouzel & Prete, 2013 ; Thébaud-Mony, 2006).

En raison de l'ensemble de ces difficultés, les maladies professionnelles résultant d'expositions aux pesticides tendent à être sous-déclarées (Jouzel, 2009 ; Thébaud-Mony, 2008). Oscillant entre « déni » et « défi », les agriculteurs sont aussi à l'origine de ce phénomène (Nicourt & Girault, 2009). D'une part, ils peuvent être amenés à nier les risques – considérés comme étant « du métier » – qu'ils encourent en mettant en place des stratégies de défense. D'autre part, Nicourt et Girault (2009) constatent l'adoption de conduites dangereuses. Par conséquent, la responsabilité liée à l'apparition de maladies professionnelles aura tendance à être reportée sur les agriculteurs eux-mêmes (Dedieu & Jouzel, 2015 ; Jouzel & Dedieu, 2013). En effet, ces maladies sont très souvent mises sur le compte de fautes commises par les agriculteurs, comme le non-respect des consignes et/ou du port des EPI. Les agriculteurs se sentent alors responsables et, par peur d'être sanctionnés, ils n'osent pas signaler leur maladie aux autorités (Dedieu & Jouzel, 2015 ; Jouzel & Dedieu, 2013 ; Jouzel & Prete, 2014, 2017 ; Nicourt & Girault, 2009). Enfin, on ne peut ignorer l'influence du recours à de la main-d'œuvre précaire (Magnan, 2022), parfois migrante, par des entreprises agricoles de petite taille, non dotées d'institutions représentatives du personnel (Vanuls, 2018).

Toutes ces raisons contribuent à invisibiliser les conditions réelles d'exposition. Le problème se réduit à l'échelle individuelle où la sous-déclaration des maladies professionnelles accentue

le phénomène de production de l'ignorance quant aux effets pathogènes des pesticides (Dedieu & Jouzel, 2015 ; Jouzel & Dedieu, 2013 ; Jouzel & Prete, 2014).

#### 2.4.2. La réparation des dommages subis

Dans ce contexte, des associations se mobilisent pour lutter contre cette sous-déclaration. En effet, malgré les difficultés administratives et les pressions institutionnelles liées à la procédure de reconnaissance, ces associations permettent aux agriculteurs de se considérer légitimement comme victimes (Jouzel & Prete, 2014, 2015 ; Salaris, 2014). Le réseau (familles d'agriculteurs malades, militants écologistes, avocats, savants, etc.) constitué à travers ces associations permet aussi de dénoncer les dangers liés à l'utilisation des pesticides (Jouzel & Prete, 2014). C'est le cas par exemple de l'association Phyto-victimes. Créée en 2011, cette association fait suite à l'intoxication de Paul François en 2004 et de son parcours pour faire reconnaître la responsabilité de la société Monsanto (Friant, 2021a ; Jourdain, 2021 ; Jouzel & Prete, 2013, 2014).

Se considérer comme victime, c'est avant tout engager une demande d'indemnisation au titre du régime de réparation des maladies professionnelles. Cette indemnisation se caractérise par deux types de prestations (Badel *et al.*, 2018). La première correspond à des prestations en nature où les frais médicaux et les frais engagés pour permettre à la victime de recouvrer ses aptitudes sont pris en charge. La deuxième prestation, dite « *en espèces* », vise principalement à indemniser la victime pour la perte de revenus. Cependant, cette deuxième prestation est forfaitaire. Elle ne permet pas de recouvrer la totalité du dommage. À ce niveau, une indemnisation complémentaire peut être demandée en justice si la faute inexcusable de l'employeur est prouvée compte tenu des obligations lui incombant en matière de santé et de sécurité. Depuis les « *arrêts amiante* » du 28 février 2002, deux critères sont requis pour qualifier la faute inexcusable de l'employeur. Premièrement, il a ou aurait dû avoir conscience du danger. Deuxièmement, le salarié doit prouver que l'employeur n'a pas pris les mesures nécessaires pour le préserver de ce danger.

Récemment, la loi de financement de la sécurité sociale pour 2020<sup>65</sup> a instauré un fonds d'indemnisation des victimes de pesticides à destination des assurés sociaux au titre des

---

<sup>65</sup> Loi n°2019-1446 du 24 décembre 2019 de financement de la sécurité sociale pour 2020.

maladies professionnelles, quel que soit le régime dont ils relèvent, et des enfants exposés de manière prénatale aux pesticides en raison de l'exposition professionnelle d'un de leurs parents (Friant, 2021b ; Rivollier, 2022). Le fonds a vocation à assurer aux victimes professionnelles une meilleure cohérence dans leur prise en charge, qui devrait profiter aux exploitants agricoles. Sans toutefois créer des conditions plus favorables de reconnaissance, il va avoir pour effet d'assurer une réelle homogénéité dans l'appréciation du caractère professionnel de la pathologie (Friant, 2021b ; Rivollier, 2022). Outre les cotisations, le fonds est financé par une taxe sur les pesticides.

Le recours au fonds n'est pas exclusif de toute action contentieuse en responsabilité civile. En effet, les victimes d'exposition aux pesticides peuvent vouloir obtenir une réparation intégrale de leur dommage en invoquant par exemple la violation d'une obligation de sécurité incombant à l'employeur ou la responsabilité du fait des produits défectueux. En effet, la [directive 85/374/CEE](#)<sup>66</sup> relative au principe de responsabilité du fait des produits défectueux (Arhab-Girardin, 2020), transposée en droit français par la loi du 19 mai 1998<sup>67</sup>, prévoit que « *le producteur est responsable du dommage causé par un défaut de son produit* » et qu'« *un produit est défectueux lorsqu'il n'offre pas la sécurité à laquelle on peut légitimement s'attendre* »<sup>68</sup>. La responsabilité du fait des produits défectueux a été invoquée dans plusieurs contentieux relatifs à des expositions professionnelles aux pesticides, avec succès dans le cadre de l'affaire Paul François (Friant, 2021a ; Jourdain, 2021 ; Jouzel & Prete, 2013, 2014).

Paul François a été intoxiqué en 2004 à la suite d'une exposition à l'herbicide « *Lasso* » – produit par la société Monsanto. Les inhalations de vapeurs de dichlorobenzène – substance utilisée comme solvant et non indiquée sur les étiquettes – sont à l'origine de cette intoxication. Cet agriculteur a subi de sévères troubles neurologiques, le conduisant à établir un lien de causalité entre ces troubles et l'exposition. À la suite du procès et de la reconnaissance de sa maladie professionnelle en 2008, Paul François a engagé une action en responsabilité civile contre la société Monsanto et a obtenu gain de cause en 2020<sup>69</sup>. Au cours de cette affaire,

---

<sup>66</sup> Directive du Conseil du 25 juillet 1985 relative au rapprochement des dispositions législatives réglementaires et administratives des États membres en matière de responsabilité du fait des produits défectueux (85/374/CEE).

<sup>67</sup> Loi n°98-389 du 19 mai 1998 relative à la responsabilité du fait des produits défectueux.

<sup>68</sup> Art. 1 et 6 de la directive 85/374/CEE.

<sup>69</sup> La maladie professionnelle de Paul François a été reconnue par la Cour d'appel de Bordeaux, Ch. soc., 28 janvier 2010, n°08/7029. L'action en responsabilité civile engagée par ailleurs a été accueillie favorablement par la Cour d'appel de Lyon, 10 septembre 2015, n°12/02717. Cette décision a été cassée par la Ch. mixte de la Cour de

l'industriel a été identifié comme le seul responsable. Cependant, il convient de souligner que l'exposition au produit a aussi été due à un défaut de jauge sur le pulvérisateur, ce qui a amené l'agriculteur à ouvrir sa cuve pour en vérifier le niveau.

S'il est vraisemblable que les mobilisations militantes, que les actions en justice et que l'amélioration des conditions de prise en charge des victimes professionnelles favoriseront la mise en visibilité des enjeux liés à la circulation et à l'usage des pesticides, le rôle joué par le matériel agricole et, plus précisément par les pulvérisateurs, doit davantage être interrogé.

---

cassation, le 7 juillet 2017, pourvoi n° 15-25.651, avant de connaître une issue favorable avec l'arrêt de la Cour de cassation, civ. 1, 21 octobre 2020, 19-18.689.

## Chapitre 3. Le matériel agricole destiné à l'application des pesticides

Au sein de ce troisième chapitre, un premier développement est consacré aux agroéquipements afin d'identifier les contours et les enjeux actuels de ce secteur (§3.1). Un deuxième développement se concentre sur les pulvérisateurs en explicitant leurs caractéristiques et fonctions pour la tâche de pulvérisation. Lors de cette tâche, les situations d'exposition aux pesticides sont nombreuses, ce qui permet de considérer le pulvérisateur comme un des déterminants techniques de ces situations (§3.2). Même si des conventions internationales de l'OIT prévoient des normes de sécurité pour la conception et l'utilisation des machines<sup>70</sup>, ce sont principalement les directives européennes et les normes techniques qui constituent aujourd'hui les principales sources de prescriptions en la matière. Le droit européen applicable à la conception des pulvérisateurs relève de la [directive 2006/42/CE](#) – autrement dit « *directive machines* » – qui fixe des exigences essentielles en matière de santé et de sécurité aux fabricants. Au-delà de ces exigences, les objectifs de cette directive s'inscrivent également dans une perspective économique compte tenu du dispositif auquel elle appartient. Appelée la « *nouvelle approche* », ce dispositif d'harmonisation vise à faciliter les échanges sur le territoire de l'Union européenne entre les différents États membres (§3.3). Dans le cadre de ce dispositif, il est désormais possible pour les fabricants de se référer à des normes techniques – dites « *harmonisées* » – pour avoir une présomption de conformité à la directive. D'application volontaire et élaborées au sein de différentes institutions, les normes techniques reposent sur le principe du consensus (§3.4). Dans un contexte de « *densification normative* » liée à la diversité des sources et des intérêts en cause, ces normes techniques – dont la portée juridique est source d'incertitudes – occupent une place de plus en plus importante (§3.5).

### 3.1. Les agroéquipements

Les agroéquipements représentent l'ensemble des équipements destinés à la production agricole. Compte tenu de la diversité des cultures, des pratiques agricoles, des tâches à réaliser ou encore des caractéristiques des exploitations, il existe aujourd'hui une pluralité de matériels agricoles mis à disposition des agriculteurs.

---

<sup>70</sup> Convention (n°119) sur la protection des machines et la convention (n°184) sur la sécurité et la santé dans l'agriculture (Art. 9 et 10).

C'est à l'issue de la première partie du XX<sup>e</sup> siècle que la filière des agroéquipements a connu un réel essor, s'inscrivant dans un mouvement de mécanisation de l'agriculture. Selon [Byé \(1979\)](#), cette mécanisation résulte de trois facteurs principaux : l'augmentation du coût de la main-d'œuvre, la diminution de la population active agricole et la possibilité pour les agriculteurs d'obtenir plus facilement des crédits pour l'achat d'équipements. Dans un premier temps, ce sont les tracteurs qui ont connu un développement important. En second lieu, d'autres équipements – permettant par exemple le travail du sol ou la récolte – ont fait l'objet de nombreuses évolutions (*ibid.*). Dans les années 80, le machinisme agricole va traverser un changement majeur quant à la technologie employée (robotisation, agriculture numérique, etc.) ([Bellon-Maurel & Huyghe, 2016](#)). L'essor de la filière agricole répond à l'accroissement sans précédent de la population mondiale et à ses besoins en matière alimentaire. Le gain de productivité par hectare lié à l'acquisition de ces nouvelles technologies et équipements devient essentiel ([Bournigal, 2014](#) ; [Lerbourg & Dedieu, 2016](#)). Même si les agroéquipements visent aussi à faciliter et améliorer le travail des agriculteurs, celui-ci peut s'en trouver impacté ([Byé, 1979](#) ; [Faverdin et al., 2020](#)).

Selon l'association française des acteurs industriels de la filière des agroéquipements (AXEMA), la France est aujourd'hui le troisième producteur européen de machines agricoles derrière l'Allemagne et l'Italie ([AXEMA, 2020](#)). Avec une production française qui s'élève à 4,7 milliards d'euros en 2019, cette même source révèle que les exploitations agricoles en France et en Allemagne sont celles qui investissent le plus en Europe. En raison du contexte actuel – marqué par l'agriculture intensive ; la diminution de la main-d'œuvre ; et les ambitions de promouvoir la transition énergétique et le développement de l'agroécologie<sup>71</sup> – ces agroéquipements doivent répondre à de nombreux enjeux ([Bournigal, 2014](#)). En effet, la triple performance attendue de l'agriculture – à savoir économique, sociale et environnementale – s'applique également aux machines agricoles ([Bournigal, 2014](#) ; [Machenaud et al., 2014](#)). Dans la transition vers l'agroécologie, l'évolution de ces machines est essentielle pour viser un contrôle et un suivi précis du fonctionnement du système agricole ([Faverdin et al., 2020](#) ; [Machenaud et al., 2014](#)). Avec des avancées majeures comme le guidage GPS, le secteur des agroéquipements doit répondre à un besoin indispensable en termes d'innovation. La robotisation, les nouvelles technologies ([Bechar & Vigneault, 2016](#) ; [King, 2017](#) ; [Sparrow &](#)

---

<sup>71</sup> Mode de culture qui vise à proposer des systèmes et des méthodes de production agricole respectueux de la personne et de l'environnement. Voir [Macary et al. \(2020\)](#) et [Wezel et al. \(2009\)](#).

Howard, 2020) et les big data<sup>72</sup> (Bronson & Knezevic, 2016 ; Kamilaris *et al.*, 2017) semblent être les leviers de cette innovation pour une agriculture de précision (Bournigal, 2014). Les agroéquipements doivent donc répondre à la spécificité des besoins des agriculteurs et des agrosystèmes tout en visant une réduction des intrants, des pesticides, de la pollution des sols ou encore des risques professionnels (Bournigal, 2014 ; Dufumier, 2016).

En raison de ces éléments, les agriculteurs sont amenés à utiliser du matériel de plus en plus sophistiqué, performant, mais aussi coûteux (Bournigal, 2014 ; Faverdin *et al.*, 2020 ; Fredj, 2021 ; Machenaud *et al.*, 2014). Cette sophistication peut se révéler complexe en termes d'usages. Par exemple, les pannes deviennent désormais seulement résolubles par des professionnels et non plus par les utilisateurs (Albert, 2018 ; Albert & Garrigou, 2019 ; Bournigal, 2014). L'augmentation des vitesses de travail et de l'envergure des appareils peuvent également représenter des difficultés non négligeables lors de la conduite (Dey & Mann, 2010 ; Kaminaka *et al.*, 1981 ; Wilson, 2000). Et, selon Sparrow et Howard (2020), l'environnement, la politique ou encore la sécurité sont autant de dimensions qui peuvent être impactées par les différentes évolutions données aux matériels.

Les difficultés rencontrées par les fabricants doivent également être considérées. Le secteur des agroéquipements en France est constitué à 85% de PME et TPE (AXEMA, 2020), ce qui ne facilite pas les projets d'innovation portés par les services de R&D (Bournigal, 2014). Ces petites entreprises rencontrent notamment des difficultés pour trouver des partenaires. Ces derniers sont pourtant essentiels pour envisager le développement de nouvelles solutions qui répondent aux besoins de la filière (Machenaud *et al.*, 2014). Au regard du caractère hétérogène du secteur agricole (diversité de cultures, d'agriculteurs, de conditions environnementales, météorologiques, etc.), les innovations peuvent se révéler complexes (Bechar & Vigneault, 2016) et donc coûteuses pour ces entreprises (Machenaud *et al.*, 2014). Selon ces derniers auteurs, les évolutions réglementaires – qu'ils qualifient de rapides – constituent également un élément de complexité en matière d'innovation. Pour faire face à cela, Bournigal (2014) met en évidence l'importance pour les fabricants de participer au processus de normalisation pour viser une meilleure prise en compte de leurs intérêts. Au regard de ces différents éléments de contexte, cet auteur souligne l'intérêt d'intégrer les besoins des utilisateurs pour penser l'innovation. Les agriculteurs se révèlent être des acteurs indispensables

---

<sup>72</sup> Données numériques massives.

à la conception des agroéquipements. De plus, les distributeurs constituent un réseau d'acteurs essentiel qu'il ne faut pas négliger compte tenu de leur capacité à faire du lien entre les fabricants et les agriculteurs (Bournigal, 2014).

## 3.2. L'utilisation des pulvérisateurs

Une multitude de maladies et de ravageurs peuvent nuire à la maturation des cultures. Afin de prévenir des pertes de récolte, ces cultures doivent être protégées à l'aide de matériels qui visent à pulvériser des pesticides sur l'ensemble des parcelles. Ces machines – comme définies dans la [directive 2009/127/CE](#)<sup>73</sup> – sont plus communément appelées des pulvérisateurs. Avec les matériels dédiés à l'arrosage, ils représentent 5,1% de la production française d'agroéquipements (AXEMA, 2020). Et, selon cette même source, la France se positionne à la deuxième place en termes de production européenne.

Historiquement, ces appareils ont initialement été conçus pour être portés sur le dos ou tractés par des animaux. Toutefois, les pulvérisateurs vont connaître d'importantes évolutions à partir de la deuxième moitié du XX<sup>e</sup> siècle (Fourche, 2004). L'agriculture intensive et la diversité des produits utilisés (liquides, granules, poudres, etc.) sont à l'origine de ces évolutions. En effet, les pulvérisateurs doivent permettre de traiter plus vite, plus de surfaces et avec différents types de produits (Byé, 1979). Les appareils à dos et tractés par des animaux vont disparaître et être remplacés par du matériel plus performant (augmentation des réservoirs, des vitesses de pulvérisation et de la largeur des rampes, couplage de la machine avec le tracteur, intégration de l'électronique, etc.) (Byé, 1979 ; Laurent *et al.*, 2016). Ces différentes évolutions ont permis d'agir sur le travail des agriculteurs avec une diminution de la pénibilité et une augmentation de l'efficacité (Laurent *et al.*, 2016).

### 3.2.1. Les caractéristiques et fonctions des pulvérisateurs

Les pulvérisateurs sont des appareils destinés à projeter des pesticides (liquides, poudres, granules, etc.) sous forme de fines gouttelettes ou d'aérosols sur les cultures. Ces appareils de traitement se distinguent selon deux caractéristiques principales : le mode de transport et le type

---

<sup>73</sup> Directive 2009/127/CE du Parlement européen et du Conseil du 21 octobre 2009 modifiant la directive 2006/42/CE en ce qui concerne les machines destinées à l'application des pesticides.



de pulvérisation. La première caractéristique différencie les pulvérisateurs traînés, portés, automoteurs et aéroportés. Le pulvérisateur automoteur (cf. Figure 1) a la particularité d'avoir sa propre pulsation et le transport de sa charge utile. Le pulvérisateur aéroporté, comme son nom l'indique, correspond à un matériel de traitement intégré à un avion ou un hélicoptère. Ces deux modes de transport sont notamment utilisés en grande culture<sup>74</sup>. En viticulture et en arboriculture, il s'agit principalement de pulvérisateurs traînés et portés. Ces appareils doivent être considérés tel un système comportant deux outils : le matériel de traitement et le tracteur. Le pulvérisateur traîné (cf. Figure 2) correspond à un appareil de traitement qui est tracté. Quant au pulvérisateur porté (cf. Figure 3), l'appareil est fixé sur le tracteur.



Figure 1 – Pulvérisateur automoteur



Figure 2 – Pulvérisateur traîné



Figure 3 – Pulvérisateur porté

La seconde caractéristique différencie la pulvérisation pneumatique, la pulvérisation à jet projeté et la pulvérisation à jet porté. La première fonctionne grâce à une ventilation qui fragmente le liquide en fines gouttelettes. L'air mis sous pression permet ensuite de transporter ces gouttelettes sur la végétation. Ce type de pulvérisation ne comporte pas de buses contrairement aux deux autres. En effet, la pulvérisation à jet projeté se caractérise par la présence d'une buse permettant de fragmenter le liquide préalablement mis sous pression. Il en est de même pour la pulvérisation à jet porté munie en prime d'un flux d'air responsable du transport des gouttelettes sur la végétation. Le choix et les réglages du pulvérisateur se révèlent déterminants pour prévenir l'apparition de maladies au sein des cultures. Cependant, la difficulté est qu'aujourd'hui les agriculteurs manquent de formation pour utiliser et régler leurs équipements (Bournigal, 2014 ; Faverdin *et al.*, 2020). Les réglages sont donc rarement adaptés aux besoins réels des cultures entraînant l'apparition de maladies et/ou une consommation excessive de pesticides.

<sup>74</sup> La grande culture comprend l'ensemble des productions agricoles de céréales (blé, orge, etc.), d'oléagineux (tournesol, colza, etc.) et de protéagineux (pois, féveroles, etc.).

Dans le cadre de notre travail, l'attention est plus spécifiquement portée sur les pulvérisateurs viticoles semblables à ceux des figures 1, 2 et 3 (p. 68). Contrairement aux appareils présents en grande culture, les pulvérisateurs viticoles possèdent des descentes verticales afin de réaliser une pulvérisation de type « *face par face* » sur les rangs de vigne. Les pulvérisateurs sont constitués d'un ensemble d'organes, de composants indispensables à leur bon fonctionnement. Ces organes restent sensiblement les mêmes d'un pulvérisateur à l'autre. Le tableau ci-dessous présente les fonctions qui y sont associées (cf. Tableau 2).

<b>Organes</b>	<b>Fonctions</b>
Buses	Orifices calibrés pour transformer le liquide en gouttelettes
Cabine	Poste de conduite du pulvérisateur muni d'un ensemble de commandes
Cuve principale	Orifice contenant le produit de traitement
Cuve de rinçage	Orifice contenant de l'eau claire pour rincer le circuit
Cuve de rinçage des mains	Bidon d'eau embarqué sur le pulvérisateur pour se laver les mains
Descentes	Systèmes qui contiennent le circuit permettant la pulvérisation en face par face
Filtres	Protections contre l'obstruction des circuits et des buses
Jauge	Lecture du niveau de produit présent dans la cuve
Manomètre	Lecture du niveau de pression impulsée par la pompe
Panneaux récupérateurs	Système de capotage au niveau des descentes pour récupérer le produit n'allant pas sur la vigne
Pompe	Brassage du produit de traitement présent dans la cuve principale et injection du produit dans le circuit de pulvérisation
Rampes	Armatures horizontales qui permettent de soutenir l'ensemble des descentes

Tableau 2 – Organes principaux d'un pulvérisateur viticole et les fonctions associées

### 3.2.2. La tâche de pulvérisation

La tâche de pulvérisation s'organise en trois étapes bien distinctes : la préparation du mélange de produits (pesticides, adjuvants et eau), l'application de ce mélange sur les parcelles de vigne et le nettoyage du pulvérisateur.

La première étape consiste à mélanger les différents produits (pesticides et adjuvants) avec de l'eau claire. Cette préparation peut être directement réalisée dans la cuve du pulvérisateur (cf. Figure 4, p. 70) ou dans un incorporateur – lui-même branché à la cuve du pulvérisateur. Cette

étape nécessite de nombreux dosages, mais également de multiples contrôles (homogénéité du mélange, volume d'eau dans la cuve, etc.) de la part de l'agriculteur. La deuxième étape consiste à pulvériser le mélange présent dans la cuve du pulvérisateur sur l'ensemble des parcelles de l'exploitation. Cette étape équivaut à une phase où le tractoriste, tout en conduisant son tracteur, utilise les commandes de la cabine pour contrôler et régler la pulvérisation (cf. Figure 5). Enfin, le nettoyage du pulvérisateur correspond à la troisième étape de la tâche de pulvérisation. L'agriculteur nettoie et rince son matériel de façon à évacuer le produit qui s'est déposé sur l'ensemble des surfaces – internes et externes (cf. Figure 6). Réalisée sur une aire prévue à cet effet au sein de l'exploitation, cette étape est considérée comme essentielle par certains agriculteurs. En effet, un nettoyage de moindre qualité peut entraîner des incidents tels que le bouchage des buses au prochain traitement.



Figure 4 – Préparation du mélange de produits



Figure 5 – Application du mélange sur les parcelles



Figure 6 – Nettoyage du matériel

Selon le type de pulvérisateur, les produits utilisés et les moyens techniques et humains mis à disposition, la durée de ces différentes étapes varie d'une exploitation à l'autre. Des phases de réglages, de maintenance et de réparation surviennent également de façon plus ou moins ponctuelle. Les réglages sont principalement réalisés avant le traitement. Essentiels pour viser un traitement de qualité, ils doivent tenir compte d'une multitude de paramètres (conditions météorologiques, produits utilisés, taille de la végétation, etc.). Enfin, du fait des incidents rencontrés et de l'usure normale de la machine, des réparations ou de la maintenance doivent être réalisées par les agriculteurs ou par un tiers (mécanicien).

Ces différentes étapes ne sont pas sans risque sur la santé des agriculteurs. Bien que les expositions concernent aussi les agriculteurs intervenant dans les vignes lors de travaux autres que les traitements (Baldi *et al.*, 2014), les travailleurs en charge de ceux-ci sont particulièrement exposés durant les phases de préparation des produits, d'application et de nettoyage du matériel (Baldi *et al.*, 2006, 2012 ; Damalas & Koutroubas, 2016 ; Lebailly *et al.*, 2009 ; Mohammed-Brahim, 2015a). Ces expositions se révèlent être des situations où les déterminants de l'activité sont complexes et varient d'une situation à l'autre (Mohammed-

Brahim & Garrigou, 2009). Parmi ces déterminants figure le pulvérisateur alors considéré comme un déterminant technique des situations d'exposition aux pesticides.

### 3.2.3. Le pulvérisateur : déterminant technique des situations d'exposition professionnelle aux pesticides

Bien que l'utilisation des machines soit source de nombreux risques dans le secteur agricole (CCMSA, 2012 ; Kumar *et al.*, 2000), les pulvérisateurs sont davantage envisagés sous l'angle du risque chimique. En effet, ils se révèlent être des déterminants techniques des situations d'exposition aux pesticides (Albert, 2018 ; Albert & Garrigou, 2019 ; Goutille, 2022 ; Jolly, 2022 ; Jolly *et al.*, 2021 ; Lacroix *et al.*, 2013 ; Lambert *et al.*, 2012 ; Laurent *et al.*, 2016). Cela signifie que leur conception (fonction et/ou emplacement des organes, fiabilité, etc.) peut être à l'origine de situations d'exposition à chaque étape du traitement.

Les quatre études présentées précédemment (*cf.* Tableau 1, p. 48), à l'exception de la troisième, donnent d'ores et déjà des éléments de réponse. En effet, elles ont pu mettre en avant l'influence du type de pulvérisateur utilisé sur l'apparition de situations d'exposition aux pesticides durant les trois étapes que sont la préparation, l'application et le nettoyage du matériel (Baldi *et al.*, 2006, 2012 ; Lebailly *et al.*, 2009). Ainsi, selon Baldi *et al.* (2006), les tracteurs enjambeurs<sup>75</sup> sont moins contaminants que les pulvérisateurs traînés. En complément de ces résultats, il est essentiel de savoir qu'une quantité importante de pesticides se dépose sur les surfaces externes du pulvérisateur à l'issue des traitements (Ramwell *et al.*, 2004, 2005, 2006). Ce dépôt joue alors un rôle dans l'apparition de situations d'exposition indirecte aux pesticides. Garrigou *et al.* (2008) l'illustrent à travers un exemple lors de la préparation des produits. En effet, afin de trouver l'équilibre, il est courant que les agriculteurs s'appuient sur la cuve – souillée par les traitements précédents – pour vider les sacs à l'intérieur de celle-ci. Ces expositions indirectes sont fréquentes lors des traitements et sont d'autant plus importantes lorsque l'entretien du pulvérisateur a été négligé (Kline *et al.*, 2003 ; Ramwell *et al.*, 2005). Le nettoyage du matériel est une étape essentielle quant à la réduction d'expositions futures, mais il constitue en lui-même une phase où les risques de contamination sont nombreux (Baldi *et al.*, 2006, 2012, 2013 ; Damalas & Koutroubas, 2016 ; Lebailly *et al.*, 2009). Pour la phase d'application, il est fréquent que les filtres en cabine soient inefficaces quant à leur capacité à

---

<sup>75</sup> Un tracteur enjambeur permet le travail des cultures hautes comme la vigne. Il permet, par exemple, d'enjamber un ou deux rangs de vigne (*cf.* Figures 1 et 3, p. 68).

filtrer les particules fines et les aérosols. Selon [Garrigou et al. \(2012\)](#), ce problème, ajouté au manque d'étanchéité des cabines (*cf.* Figure 7), constitue une source de risques importante de contamination pour les tractoristes.

D'après l'étude de [Kline et al. \(2003\)](#), les résidus de pesticides en cabine se retrouvent principalement sur le volant et sur le siège. La survenue d'incidents est également un facteur non négligeable en ce qui concerne l'apparition de situations d'exposition aux pesticides lors de l'utilisation des pulvérisateurs ([Albert, 2018](#) ; [Albert & Garrigou, 2019](#) ; [Baldi et al., 2006, 2013](#) ; [Garrigou et al., 2008](#) ; [Laurent et al., 2016](#) ; [Lebailly et al., 2009](#) ; [Mohammed-Brahim, 1996](#)). Ces auteurs donnent pour exemple le bouchage des buses – très fréquent en viticulture. Cela demande à l'agriculteur de sortir de sa cabine en plein traitement pour désobstruer la buse concernée. Le temps consacré par les agriculteurs aux réparations et à la maintenance est fortement dépendant de leur formation initiale. Ils ne sont pas toujours en mesure de réaliser ces opérations. Pour autant, les oublier ou les négliger, pourra favoriser l'apparition d'incidents ([Mohammed-Brahim, 1996](#)).



Figure 7 – Défaut de conception lié à l'étanchéité en cabine ([Garrigou et al., 2012, p. 22](#))



Figure 8 – Incorporation des produits dans la cuve



Figure 9 – Action sur une buse bouchée



Figure 10 – Nettoyage du pulvérisateur

Une étude<sup>76</sup> récente que nous avons réalisée dans le cadre d'un travail de master – et uniquement centrée sur les difficultés et les expositions rencontrées par les agriculteurs lors de l'utilisation du pulvérisateur – confirme l'ensemble de ces résultats ([Albert, 2018](#) ; [Albert & Garrigou, 2019](#)). À partir d'une analyse de l'activité menée au sein de deux exploitations viticoles, notre étude met en évidence un nombre important de difficultés d'usage et de

---

<sup>76</sup> Cette étude a été réalisée dans le cadre du projet PREVEXPO (Prévenir les risques ensemble en milieu viticole à partir des conditions réelles d'expositions chimiques) coordonné par Fabienne Goutille.



variabilités. Cela se traduit en particulier par des situations d'exposition directe et indirecte aux pesticides (cf. Figures 8, 9 et 10, p. 72). Dans le cas de la figure 8, la hauteur de la cuve n'est pas adaptée à la tâche qui doit être réalisée. En effet, afin de déverser les produits (25 kg), le viticulteur doit prendre appui sur la surface de la cuve entraînant une situation d'exposition indirecte aux pesticides. La figure 9 illustre un agriculteur qui est descendu de sa cabine pour déboucher une buse. Cela l'amène à passer entre les panneaux récupérateurs munis de balais, eux-mêmes imprégnés de produits, ce qui augmente le risque de contamination. Enfin, la phase de nettoyage du pulvérisateur est représentée par la figure 10. L'utilisation d'un karcher étant prédominante, les expositions sont très nombreuses en raison des risques de projection.

Ces résultats permettent d'avancer qu'il existe une insuffisance de prise en compte des besoins réels des agriculteurs et des agriculteurs eux-mêmes dans les processus de conception de matériels agricoles (Albert, 2018 ; Albert & Garrigou, 2019 ; Garrigou *et al.*, 2008, 2012 ; Laurent *et al.*, 2016). Même si le matériel agricole a considérablement évolué au cours de ces dernières années en permettant d'améliorer l'efficacité du travail et d'amoinrir sa pénibilité, il n'y a cependant pas de réelle diminution des expositions aux pesticides lors de son utilisation. Selon Garrigou *et al.* (2012), « *the design process only marginally addresses the issues of utilisation and worker protection. When this is the case, the focus is mostly on mechanical hazards. Contamination of workers by pesticides is not taken into consideration in the design stages* »<sup>77</sup> (p. 3). Il semblerait que les solutions proposées par les fabricants soient principalement orientées sur la technique de pulvérisation (Albert, 2018 ; Albert & Garrigou, 2019 ; Garrigou *et al.*, 2008, 2012 ; Laurent *et al.*, 2016). Cette approche dite « *technocentrée* », où la technique est première, ne permet pas de répondre aux besoins réels des utilisateurs (Béguin & Rabardel, 2000 ; Rabardel, 1995). Ce déficit fait du pulvérisateur un déterminant technique des situations d'exposition aux pesticides, et ce, malgré la réglementation qui s'applique à la conception et à l'utilisation du matériel agricole. C'est notamment le cas de la directive 2006/42/CE qui pose les exigences essentielles aux fabricants en termes de santé et de sécurité au travail, y compris pour les machines destinées à l'application des pesticides (Directive 2009/127/CE).

---

<sup>77</sup> « *Le processus de conception n'aborde que marginalement les questions d'utilisation et de protection des travailleurs. Lorsque c'est le cas, l'accent est surtout mis sur les risques mécaniques. La contamination des travailleurs par les pesticides n'est pas prise en compte dans les étapes de conception.* » [Notre traduction]

### 3.3. Le droit européen applicable à la conception des machines destinées à l'application des pesticides

La conception des machines est aujourd'hui encadrée par la [directive 2006/42/CE](#)<sup>78</sup> dite « *directive machines* », complétée en 2009 par la [directive 2009/127/CE](#)<sup>79</sup> – spécifiquement dédiée aux machines destinées à l'application des pesticides. Eu égard aux enjeux de libre circulation des marchandises sur le territoire de l'Union européenne, la directive machine s'inscrit dans le cadre de la « *nouvelle approche* » – dispositif d'harmonisation des réglementations à l'échelle européenne né dans les années 80<sup>80</sup>. Ce dispositif vise à remplacer les réglementations nationales – jusqu'alors sources d'entraves aux échanges et à la libre circulation des marchandises entre les différents États membres – par des directives et des règlements européens<sup>81</sup> ([Aubry-Caillaud, 2018](#)). Ce principe d'harmonisation a permis de pallier les difficultés rencontrées lors de l'adoption des premières directives issues du traité de Rome<sup>82</sup>. En effet, les exigences imposées étaient très détaillées, ce qui nécessitait l'adoption de textes de plus en plus nombreux afin de répondre aux exigences de chaque produit et ne permettait pas de tenir compte de l'évolution de la technique ([Aubry-Caillaud, 2018](#) ; [Rey & De Gastines, 2009](#) ; [Supiot, 2011](#)). Pour ces raisons, les directives issues de la « *nouvelle approche* » s'en tiennent désormais à des exigences essentielles.

#### 3.3.1. La directive 2006/42/CE dite « *directive machines* »

Au niveau européen, le souhait d'encadrer la conception des machines dans la perspective de fixer aux fabricants des exigences essentielles de santé et de sécurité est né en 1989 avec la

---

<sup>78</sup> Directive 2006/42/CE du Parlement européen et du Conseil du 17 mai 2006 relative aux machines et modifiant la directive 95/16/CE (refonte).

<sup>79</sup> Directive 2009/127/CE du Parlement européen et du Conseil du 21 octobre 2009 modifiant la directive 2006/42/CE en ce qui concerne les machines destinées à l'application des pesticides.

<sup>80</sup> Résolution du Conseil du 7 mai 1985 concernant une nouvelle approche en matière d'harmonisation technique et de normalisation (85/C136/01).

<sup>81</sup> Selon l'article 288 du Traité sur le fonctionnement de l'Union européenne (TFUE), le règlement a une portée générale. Il est obligatoire dans tous ses éléments et il est directement applicable dans tout État membre. La directive lie tout État membre destinataire quant au résultat à atteindre, tout en laissant aux instances nationales la compétence quant à la forme et aux moyens.

<sup>82</sup> Traité instituant la Communauté économique européenne signé le 25 mars 1957 à Rome.

directive 89/392/CEE<sup>83</sup>. Pour des raisons de clarté suite à plusieurs modifications<sup>84</sup>, cette directive a été remplacée par la directive 98/37/CE, qui, elle-même a été remplacée par la directive 2006/42/CE – applicable aujourd’hui et transposée en droit français<sup>85</sup>.

Dans la mesure où « *il incombe aux États membres d’assurer [...] la santé et la sécurité des personnes [...] vis-à-vis des risques découlant de l’utilisation des machines* »<sup>86</sup>, l’annexe I de la directive 2006/42/CE définit les exigences essentielles de santé et de sécurité auxquelles les fabricants doivent satisfaire lors de la conception. Ces exigences reposent avant tout sur des principes généraux dans une logique d’intégration de la sécurité. Alors que dans la directive 98/37/CE certaines de ces exigences visaient la prise en compte « *des principes de l’ergonomie* »<sup>87</sup>, sans pour autant les définir, l’annexe I de la directive 2006/42/CE contient une section particulière intitulée « *ergonomie* »<sup>88</sup>. Les exigences concernées par cette section cherchent à tenir compte de la variabilité des opérateurs, à offrir suffisamment d’espace pour les mouvements des différentes parties du corps, à éviter un rythme de travail déterminé par la machine, etc. Après la mention des exigences dites « *générales* », des exigences plus spécifiques se déclinent ensuite selon différents thèmes tels que les systèmes de commandes, les risques dus à divers types de dangers (bruit, vibrations, émission de matières et de substances dangereuses, etc.) ou encore l’entretien. En fonction du secteur auquel sont destinées les machines – par exemple les travaux souterrains – et les dangers spécifiques qu’elles peuvent présenter – comme les opérations de levage – de nouvelles exigences complémentaires sont imposées aux fabricants. Dans le cadre de la conception des pulvérisateurs, les fabricants sont soumis à des exigences supplémentaires en raison des dangers dus à la mobilité des machines<sup>89</sup>.

Le respect de l’intégralité des exigences essentielles est la première condition à remplir par les fabricants afin de procéder à la mise sur le marché d’une machine. La deuxième étape consiste à créer un dossier technique de construction qui « *doit démontrer que la machine est conforme*

---

<sup>83</sup> Directive du Conseil du 14 juin 1989 concernant le rapprochement des législations des États membres relatives aux machines.

<sup>84</sup> Consid. 1 de la directive 98/37/CE du Parlement européen et du Conseil du 22 juin 1998 concernant le rapprochement des législations des États membres relatives aux machines et de la directive 2006/42/CE.

<sup>85</sup> Art. R4311-1 et s. du Code du travail.

<sup>86</sup> Consid. 3 de la directive 2006/42/CE.

<sup>87</sup> Ann. I, part. 1.1.2., 1.2.2., 3.2.1. et 3.2.2. de la directive 98/37/CE.

<sup>88</sup> Ann. I, part. 1.1.6. de la directive 2006/42/CE.

<sup>89</sup> Ann. I, part. 3. de la directive 2006/42/CE.



*aux exigences essentielles de la directive* »<sup>90</sup>. Ce dossier technique comprend une diversité d'informations concernant, notamment, la description générale de la machine, le plan d'ensemble ou encore la documentation nécessaire à la compréhension de l'évaluation des risques. Ensuite, les fabricants ont pour obligation de rédiger une notice d'instructions. Les instructions concernent, par exemple, les explications nécessaires pour l'utilisation, les informations sur les risques résiduels, sur les mesures de protection, etc. La procédure d'évaluation de la conformité constitue l'étape suivante. Néanmoins, elle diffère selon le type de machines.

Pour les catégories de machines figurant à l'annexe IV de la [directive 2006/42/CE](#) et présentant un potentiel plus important de risques – par exemple les machines à scier – la procédure d'évaluation de la conformité comprend des étapes plus contraignantes. Dans un premier temps, dans le cadre d'un contrôle interne, les fabricants doivent prendre « *toutes les mesures nécessaires afin qu'il soit garanti, dans le processus de fabrication, que les machines fabriquées sont conformes au dossier technique [...] et aux exigences de la directive* »<sup>91</sup>. Ce contrôle interne doit ensuite être suivi d'une procédure d'examen CE de type et d'une procédure d'assurance qualité complète<sup>92</sup>. La première consiste à nommer un organisme notifié – organisme de contrôle indépendant désigné par les États membres – pour constater et attester que la machine est conforme aux dispositions de la directive. Cette procédure, réalisée tous les cinq ans, permet aux fabricants d'obtenir une attestation d'examen CE de type et de produire la machine concernée en série. La seconde procédure – d'assurance qualité complète – consiste également à désigner un organisme notifié afin qu'il évalue et contrôle le système qualité<sup>93</sup> du fabricant.

Pour les autres machines, c'est-à-dire celles ne figurant pas à l'annexe IV de la [directive 2006/42/CE](#) comme c'est le cas pour les pulvérisateurs, la procédure d'évaluation de la conformité consiste seulement en la réalisation du contrôle interne par les fabricants. Il est alors laissé « *aux fabricants l'entière responsabilité d'attester la conformité de leurs machines avec les dispositions de la directive* »<sup>94</sup>. C'est le principe de l'autocertification.

---

<sup>90</sup> Ann. VII de la directive 2006/42/CE.

<sup>91</sup> Ann. VIII de la directive 2006/42/CE.

<sup>92</sup> Ann. IX et X de la directive 2006/42/CE.

<sup>93</sup> Le système qualité du fabricant concerne la conception, la fabrication, l'inspection finale et les essais.

<sup>94</sup> Consid. 20 de la directive 2006/42/CE.

Une fois la procédure d'évaluation de la conformité réalisée, il s'agit de rédiger – pour toutes machines confondues – la déclaration CE de conformité<sup>95</sup>. Pour les machines figurant à l'annexe IV de la [directive 2006/42/CE](#), cette déclaration est conditionnée à la réalisation des différentes procédures décrites précédemment. Pour les autres machines, cette déclaration relève du seul contrôle interne réalisé par les fabricants. Il est alors possible pour les fabricants d'apposer le marquage CE<sup>96</sup> – pour « *conformité européenne* » – sur leurs machines. Elles peuvent ainsi circuler et être vendues au sein de tous les États membres de l'Union européenne. Pour une meilleure compréhension, l'intégralité des étapes constituant la procédure de mise sur le marché fait l'objet du schéma ci-dessous (*cf.* Figure 11).

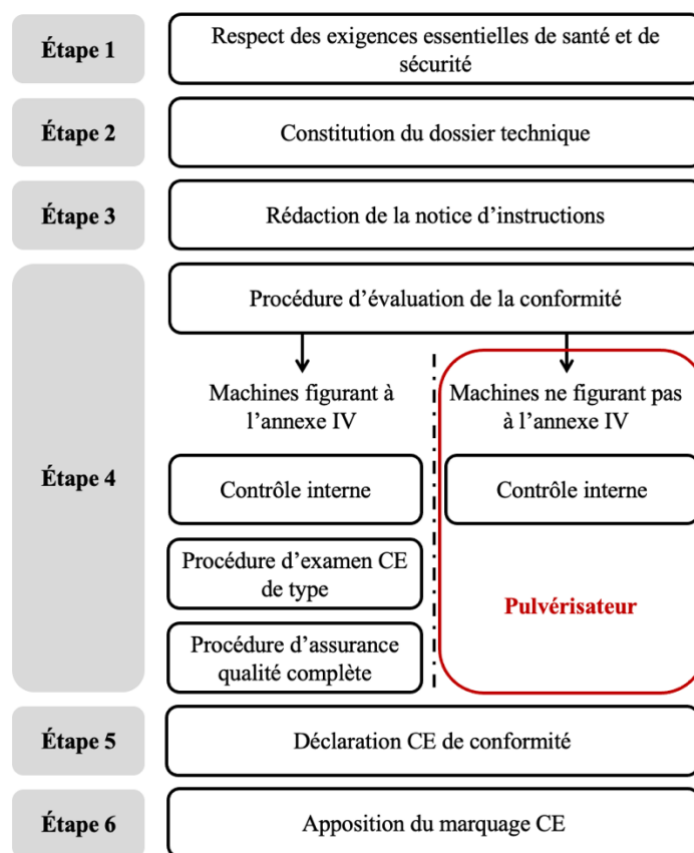


Figure 11 – Schématisation de la procédure de mise sur le marché des machines encadrée par la directive 2006/42/CE

En 2009, la [directive 2009/127/CE](#) spécifiquement dédiée aux machines destinées à l'application des pesticides, et modifiant la [directive 2006/42/CE](#), a vu le jour. Toutefois, malgré une reconnaissance de la menace que constitue l'utilisation des pesticides sur la santé humaine, les nouvelles exigences essentielles applicables à la conception des pulvérisateurs ne

<sup>95</sup> Ann. II de la directive 2006/42/CE.

<sup>96</sup> Ann. III de la directive 2006/42/CE.

concernent que la protection de l'environnement<sup>97</sup>. Elles vont, par exemple, porter sur les commandes, le remplissage ou encore la maintenance, sans prévoir expressément de protéger le travailleur contre les risques liés à l'utilisation des pesticides. Ainsi, la [directive 2009/127/CE](#) s'inscrit majoritairement dans une perspective de développement durable sous le seul angle environnemental.

Pour la conception des cabines, les exigences diffèrent selon le type de pulvérisateurs. Pour les pulvérisateurs automoteurs (*cf.* Figure 1, p. 68), la conception des cabines relève de la [directive 2006/42/CE](#) et des exigences essentielles mentionnées précédemment. Pour les pulvérisateurs traînés et tractés (*cf.* Figures 2 et 3, p. 68), la conception de la cabine du tracteur – indépendant de l'appareil de pulvérisation – est régie par le [règlement \(UE\) n°167/2013](#)<sup>98</sup>.

### 3.3.2. Le règlement (UE) n°167/2013

Le [règlement \(UE\) n°167/2013](#) relatif à la réception et à la surveillance du marché des véhicules agricoles et forestiers encadre la conception des tracteurs. Pour assurer « *un degré élevé de sécurité et de protection de l'environnement* »<sup>99</sup>, ce règlement « *établit les exigences administratives et techniques à respecter pour la réception par type*<sup>100</sup> *de tous les véhicules neufs, systèmes, composants et entités techniques* »<sup>101</sup>. Les fabricants qui souhaitent mettre sur le marché un véhicule agricole ou forestier doivent s'assurer que leur véhicule est conçu et réceptionné de façon conforme aux exigences du règlement<sup>102</sup>. Ces exigences concernent la sécurité fonctionnelle des véhicules, la sécurité au travail et la performance environnementale<sup>103</sup>. La protection du conducteur contre les substances dangereuses figure parmi ces exigences. Les prescriptions relatives à cette protection sont incluses au sein du

---

<sup>97</sup> Consid. 4 de la directive 2009/127/CE.

<sup>98</sup> Règlement (UE) n°167/2013 du Parlement européen et du Conseil du 5 février 2013 relatif à la réception et à la surveillance du marché des véhicules agricoles et forestiers.

<sup>99</sup> Consid. 15 du règlement (UE) n°167/2013.

<sup>100</sup> « *Procédure par laquelle une autorité compétente en matière de réception certifie qu'un type de véhicule, de système, de composant ou d'entité technique satisfait aux dispositions administratives et aux exigences techniques applicables* » (Art. 3 du règlement (UE) n°167/2013).

<sup>101</sup> Art. 1 du règlement (UE) n°167/2013.

<sup>102</sup> Art. 8 du règlement (UE) n°167/2013.

<sup>103</sup> Art. 17 à 19 du règlement (UE) n°167/2013.

règlement délégué<sup>104</sup> (UE) n°1322/2014<sup>105</sup>, qui complète et modifie le règlement (UE) n°167/2013. Ces prescriptions concernent les modalités d'équipement des cabines afin de protéger les opérateurs contre les substances dangereuses. Ainsi, elles prévoient que « *les véhicules des catégories T et C [tracteurs] assurant une protection contre les substances dangereuses doivent être équipés d'une cabine de niveau 2, 3 ou 4, selon la définition et conformément aux prescriptions de la norme EN 15695-1 :2009 (par exemple, pour un véhicule assurant une protection contre les produits phytopharmaceutiques qui dégagent des vapeurs susceptibles de représenter un risque pour la santé de l'opérateur, la cabine doit être de niveau 4)* »<sup>106</sup>. Les cabines de tracteurs destinés à porter ou à traîner un pulvérisateur doivent donc être de niveau 4 afin d'assurer un niveau de protection suffisant pour protéger le conducteur des poussières, des aérosols et des vapeurs.

Les descriptions du règlement (UE) n°167/2013 et de la directive 2006/42/CE mettent en évidence les enjeux soulevés quant à la prise en compte de la santé et de la sécurité en conception. Toutefois, ces enjeux ne sont pas les seuls. Afin de favoriser la libre circulation des marchandises au sein de l'Union européenne, ces réglementations s'inscrivent dans le cadre de la « *nouvelle approche* » – dispositif d'harmonisation entre les différents États membres.

### 3.3.3. Le dispositif d'harmonisation au niveau européen : la « *nouvelle approche* »

En considération des enjeux de libre circulation des marchandises sur le territoire européen, le principe de reconnaissance mutuelle est une composante essentielle instaurée par la « *nouvelle approche* ». Effectivement, tout produit légalement fabriqué conformément à la réglementation et mis sur le marché au sein d'un État membre peut librement circuler à l'intérieur de l'Union européenne (Aubry-Caillaud, 2018 ; Frydman, 2013 ; Supiot & Vacarie, 1993). Dans le cadre de la directive 2006/42/CE, le respect des exigences essentielles permet aux fabricants de commercialiser leurs machines au sein de l'ensemble des États membres. Mais, en réalité, la « *nouvelle approche* » repose sur une distinction entre deux types de dispositions (Supiot &

---

<sup>104</sup> Un règlement délégué est un acte pris par la Commission afin de compléter ou de modifier des éléments dits « non essentiels » d'un règlement européen.

<sup>105</sup> Règlement délégué (UE) n°1322/2014 de la Commission du 19 septembre 2014 complétant et modifiant le règlement (UE) n°167/2013 du Parlement européen et du Conseil en ce qui concerne la construction des véhicules et les prescriptions générales relatives à la réception des véhicules agricoles et forestiers.

<sup>106</sup> Ann. XXIX du règlement délégué (UE) n°1322/2014.

Vacarie, 1993). D'une part, il y a les exigences essentielles et, d'autre part, les spécifications techniques. Les premières visent à définir des objectifs à atteindre en vue de mettre sur le marché un produit. Les spécifications techniques sont, quant à elles, les moyens d'atteindre ces objectifs afin de fabriquer des produits conformes aux exigences. Les réglementations issues de la « *nouvelle approche* » prévoient donc l'adoption de normes dites « *harmonisées* » qui établissent ces spécifications techniques. Élaborées par des organismes européens de normalisation (OEN), via un mandat délivré par la Commission européenne, ces normes harmonisées sont publiées au sein du journal officiel de l'Union européenne (JOUE). Elles donnent aux fabricants qui les respectent une présomption de conformité à la directive. En effet, « *une machine construite conformément à une norme harmonisée, dont les références ont fait l'objet d'une publication au Journal officiel de l'Union européenne, est présumée conforme aux exigences essentielles de santé et de sécurité couvertes par cette norme harmonisée* »<sup>107</sup>. Au sein de chaque norme harmonisée, l'annexe ZA établit le lien entre les exigences de la directive et les parties harmonisées de la norme. Mais, ces normes harmonisées sont d'application volontaire. Il revient donc aux fabricants de choisir les moyens qu'ils leur semblent les plus pertinents pour atteindre les objectifs fixés au sein de la directive.

Élaborées par le comité européen de normalisation (CEN) et le comité européen de normalisation électrotechnique (CENELEC), les normes harmonisées sont ordonnées en différentes catégories : les normes de type A, les normes de type B et les normes de type C. Les normes de type A « *précisent les notions fondamentales, la terminologie et les principes de conception valables pour tous les types de machines* »<sup>108</sup>. L'application de ces seules normes n'est cependant pas suffisante d'où l'intérêt des normes de type B et C. Les normes de type B « *traitent d'aspects spécifiques de la sécurité des machines ou de types spécifiques de moyens de protection valables pour une large gamme de machines* »<sup>109</sup> alors que les normes de type C « *fournissent des spécifications pour une catégorie donnée de machines* »<sup>110</sup>.

Les normes harmonisées élaborées dans le cadre de la [directive 2006/42/CE](#) pour la conception des machines sont nombreuses. Environ quatre-vingts d'entre elles s'appliquent à la conception

---

<sup>107</sup> Art. 7 de la directive 2006/42/CE.

<sup>108</sup> Communication de la Commission dans le cadre de la mise en œuvre de la directive 2006/42/CE du Parlement européen et du Conseil relative aux machines et modifiant la directive 95/16/CE (2018/C 092/01), p. 1.

<sup>109</sup> *ibid.* p. 1.

<sup>110</sup> *ibid.* p. 12.

des pulvérisateurs (cf. Annexe A, pp. 373-378). Pour les normes de type A, il existe seulement l'[EN ISO 12100](#) concernant les principes généraux de conception pour la sécurité des machines. Pour les normes de type B, soixante-dix normes relèvent d'aspects spécifiques de la sécurité des machines – dont les pulvérisateurs. Parmi ces normes, huit sont plus spécifiquement relatives aux principes ergonomiques de conception comme la norme [EN 614](#) parties 1 et 2. La norme [EN 16590](#) parties 1 et 2 concerne, quant à elle, les matériels agricoles et forestiers pour la conception des parties de systèmes de commandes relatives à la sécurité. Quant aux normes de type C, quatorze s'intéressent davantage à la conception des pulvérisateurs. Par exemple, la norme [EN ISO 4254](#) parties 1 et 6 spécifie les exigences de sécurité pour la conception du matériel agricole dont les pulvérisateurs ; la norme [EN 15695](#) parties 1 et 2 vise à limiter l'exposition de l'opérateur aux substances dangereuses dans la cabine ; et la norme [EN ISO 16119](#) parties 1, 2, 3 et 4 traite des exigences environnementales à intégrer dans la conception. Même si le respect des normes harmonisées offre aux fabricants une présomption de conformité à la [directive 2006/42/CE](#), il leur est aussi possible de prendre en compte d'autres normes techniques. Ces normes concernent une diversité de domaines qui peuvent s'appliquer à la conception des pulvérisateurs. Par exemple, la norme [NF ISO 22368](#) parties 1, 2 et 3 spécifie des méthodes d'essai pour les systèmes de nettoyage des pulvérisateurs. S'ajoutent donc aux normes harmonisées, de nombreuses autres normes techniques utiles aux fabricants pour la conception. Les principales normes applicables à la conception des pulvérisateurs font l'objet du schéma ci-dessous (cf. Figure 12).

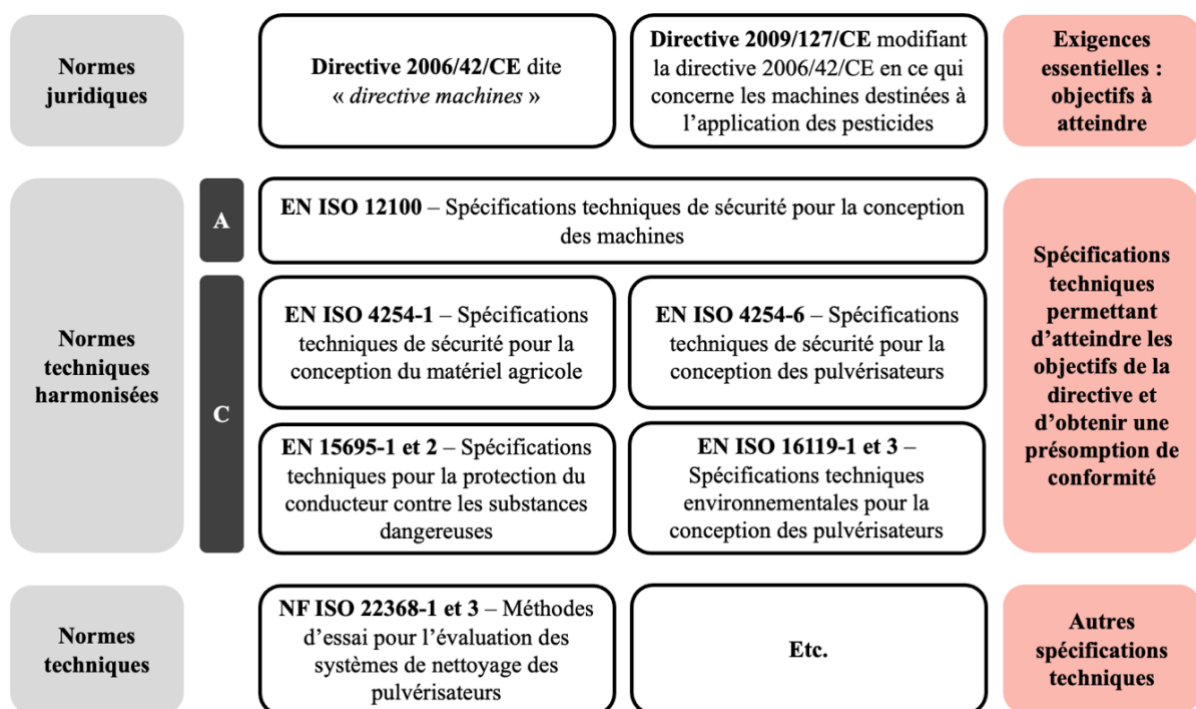


Figure 12 – Principales normes juridiques et techniques applicables à la conception des pulvérisateurs



Le principe de reconnaissance mutuelle, ainsi instauré par la « *nouvelle approche* », relève d'un dispositif concret et connu de tous : le marquage CE. Preuve visuelle essentielle de la conformité des machines aux exigences de la directive, ce marquage constitue un « *véritable passeport européen* » (Frydman, 2013, p. 28). Il permet aux produits fabriqués de circuler librement sur la totalité des territoires membres de l'Union européenne sans risquer d'être soumis à de nouvelles procédures d'évaluation de conformité (Aubry-Caillaud, 2018 ; Frydman, 2013). Dans le cadre de la [directive 2006/42/CE](#), il est tout de même possible pour les États membres d'avoir recours à une clause de sauvegarde. En effet, lorsqu'un État membre constate « *qu'une machine [...], munie du marquage CE, accompagnée de la déclaration CE de conformité [...] risque de compromettre la santé ou la sécurité des personnes et, le cas échéant, des animaux domestiques ou des biens, il prend toutes les mesures utiles pour retirer cette machine du marché, interdire sa mise sur le marché et/ou sa mise en service ou restreindre sa libre circulation* »<sup>111</sup>. Selon le Tribunal de l'Union européenne, « *tout risque lié à l'installation, à l'entretien ou au fonctionnement de la machine en cause, que ce soit dans des conditions d'usage normal ou de mauvais usage raisonnablement prévisible, peut justifier le recours à la clause de sauvegarde prévue par l'article 11 de la directive 2006/42/CE. Toutefois, cet article exige que le risque motivant la mise en œuvre de la clause de sauvegarde soit "constat[é]" et donc que l'État membre qui s'en prévaut établisse à suffisance de droit la réalité d'un tel risque. À défaut d'une telle démonstration, l'atteinte au principe de libre circulation engendrée par la mesure nationale adoptée au titre de la clause de sauvegarde prévue par cette disposition ne pourrait pas être considérée comme "justifiée" au sens de celle-ci* »<sup>112</sup>. Par ailleurs, le Tribunal de l'Union européenne a pu préciser que l'appréciation d'un risque lié à l'usage normal ou au mauvais usage raisonnablement prévisible de la machine devrait être caractérisée en se plaçant « *du point de vue concret d'un utilisateur moyen et raisonnablement diligent, et non de manière abstraite* »<sup>113</sup>.

De tels constats peuvent être rendus possible par la surveillance du marché mise en place au sein de chaque État membre. Aujourd'hui encadrée par le [règlement \(UE\) 2019/1020](#)<sup>114</sup>, cette

---

<sup>111</sup> Art. 11 de la directive 2006/42/CE.

<sup>112</sup> Arrêt du 15 juillet, CSF/Commission, T-337/13, EU:T:2015:502, point 57.

<sup>113</sup> Arrêt du 15 juillet, CSF/Commission, T-337/13, EU:T:2015:502, point 83 et arrêt du 3 mai 2018, Grizzly tools GmbH, T-168/16.

<sup>114</sup> Règlement (UE) 2019/1020 du Parlement européen et du Conseil du 20 juin 2019 sur la surveillance du marché et la conformité des produits, et modifiant la directive 2004/42/CE et les règlements (CE) n°765/2008 et (UE) n°305/2011.

surveillance correspond aux « *activités effectuées et mesures prises par les autorités de surveillance du marché pour garantir que les produits sont conformes aux prescriptions énoncées dans la législation d'harmonisation de l'Union applicable et assurent la protection de l'intérêt public couvert par ladite législation* »<sup>115</sup>.

En France, la surveillance du marché est assurée par la Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes (DGCCRF), la Direction générale des douanes et droits indirects (DGDDI) et la direction générale des entreprises (DGE). Pour les équipements de travail, il s'agit plus spécifiquement de la Direction générale du travail (DGT) mais aussi du ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation (MAA) pour le cas des véhicules agricoles et forestiers et des pulvérisateurs. Au niveau régional, la surveillance est assurée par la Direction régionale de l'économie, de l'emploi, du travail et des solidarités (DREETS). Pour les machines ou les véhicules agricoles et forestiers, les actions menées par les agents de l'inspection du travail visent à vérifier leur conformité – avant ou après leur mise sur le marché – en référence aux exigences imposées au sein de la [directive 2006/42/CE](#) et du [règlement \(UE\) n°167/2013](#). Ces actions prennent différentes formes de contrôles : proactifs en entreprise, à la suite d'accidents du travail, de maladies professionnelles ou encore dans des salons. En cas de non-conformité avérée ou présumée, le contrôle donne lieu à un signalement dans une base de données (WIKI'T) afin de partager les informations à l'ensemble des agents répartis aux niveaux local, régional et national. À l'échelle européenne, il s'agit de la base de données ICSMS (The information and communication system on market surveillance).

### 3.3.4. L'effectivité et l'efficacité du droit européen

Afin d'évaluer les effets d'une norme, il est important de distinguer deux « *qualités* » trop souvent confondues de toute règle de droit : l'effectivité et l'efficacité ([Jeammaud & Serverin, 1992](#) ; [Leroy, 2011](#)). Les règles en matière de prévention s'évaluent au regard de ces deux dimensions complémentaires. L'effectivité consiste à « *mesurer l'écart entre normes et pratiques* » ([Jeammaud & Serverin, 1992, p. 264](#)) en tenant compte du caractère impératif de la norme, à savoir essentiellement prescrire et sanctionner des comportements. Quant à l'efficacité, elle renvoie à la mesure de l'aptitude d'une norme à « *procurer le résultat* » voulu par ses concepteurs (*ibid.*). Qu'il s'agisse d'un manque d'effectivité ou d'efficacité, il est

---

<sup>115</sup> Art. 3 du règlement (UE) 2019/1020.



possible pour les États membres de retirer une machine du marché par le biais de la clause de sauvegarde et par là même de contester le bien-fondé d'une norme harmonisée, en raison de ses lacunes<sup>116</sup>. Une « *objection formelle* » peut alors être formulée à l'encontre de la norme si cette dernière ne permet pas de répondre aux exigences essentielles, ce qui peut conduire à son retrait du JOUE ou à sa révision<sup>117</sup>.

En matière de conception des pulvérisateurs, l'effectivité se mesure principalement au regard du contentieux, c'est-à-dire des affaires portées à la connaissance d'un juge. Le constat que des sanctions pénales ou que des condamnations à indemnisation ont été prononcées sera le signe d'un manque d'effectivité de la règle qui n'a pas été respectée. À l'heure actuelle, le contentieux en matière pénale et celui relatif à la réparation des accidents du travail et des maladies professionnelles est assez peu développé et ne semble pas aborder directement la question de la conception ou de l'utilisation des pulvérisateurs. Il se concentre principalement sur la dimension professionnelle des expositions aux pesticides et sur le lien entre l'exposition à ces substances et la survenue d'une pathologie. Dès lors, l'absence d'invocation en justice de problèmes de conception ou d'utilisation des pulvérisateurs ne saurait traduire un état satisfaisant d'application du droit. Tel est le cas de l'affaire Paul François (Jouzel & Prete, 2014). En effet, dans le cadre de cette affaire c'est le fabricant de produit qui a été condamné, mais il convient de souligner que l'exposition au produit peut être reliée au défaut de conception lié à la jauge du pulvérisateur.

Même si aujourd'hui le contentieux est peu développé, la surveillance du marché peut représenter un moyen efficace de contrôler l'effectivité des directives européennes et des normes harmonisées. En effet, les États membres doivent prendre « *toutes les mesures utiles pour que les machines ne puissent être mises sur le marché et/ou mises en service que si elles satisfont aux dispositions de la directive, qui les concernent et ne compromettent pas la santé et la sécurité des personnes [...]* »<sup>118</sup>. Cependant, des difficultés émergent à ce niveau. D'une part, il a été mis en évidence – dans le cadre du rapport d'évaluation de la directive machines

---

<sup>116</sup> Consid. 13 et art. 9 de la directive 2006/42/CE.

<sup>117</sup> Art. 11 du règlement (UE) n°1025/2012 du Parlement européen et du Conseil du 25 octobre 2012 relatif à la normalisation européenne, modifiant les directives 89/686/CEE et 93/15/CEE du Conseil ainsi que les directives 94/9/CE, 94/25/CE, 95/16/CE, 97/23/CE, 98/34/CE, 2004/22/CE, 2007/23/CE, 2009/23/CE et 2009/105/CE du Parlement européen et du Conseil et abrogeant la décision 87/95/CEE du Conseil et de la décision n° 1673/2006/CE du Parlement européen et du Conseil.

<sup>118</sup> Art. 4 de la directive 2006/42/CE.

par la Commission européenne<sup>119</sup> – que les opérations de surveillance divergent d'un État membre à l'autre. D'autre part, compte tenu du manque de coopération transfrontalière (Chatzilaou, 2019), de ressources et de compétences du personnel, ce rapport indique que le nombre et la fréquence des inspections sont trop faibles pour considérer la surveillance du marché suffisante. L'inspection du travail se révèle être aujourd'hui un secteur fragilisé (Millot, 2015). En effet, les inspecteurs du travail opèrent principalement dans l'urgence et ont recours à des constats d'inspection par procès-verbal qui s'avèrent être inefficaces (Le Corre, 2015 ; Millot, 2015). Le manque d'efficacité liée à la surveillance du marché laisse alors apparaître une problématique essentielle. En effet, l'incitation à se conformer à des exigences de santé et de sécurité peut se voir réduite dans le cadre du principe d'autocertification. Le rapport de la Commission européenne a mis en évidence que l'autocertification est moins efficace en matière de garantie et de protection pour les utilisateurs, contrairement à l'examen CE de type. En effet, l'autocertification manque de soutien en matière de normes harmonisées. Il est possible pour les fabricants de se contenter d'une seule norme harmonisée pour obtenir la présomption de conformité alors qu'en réalité il faut en appliquer plusieurs. Même si le principe d'autocertification s'avère moins efficace, il permet aux fabricants de réduire considérablement les efforts et les coûts à la différence de l'examen CE de type qui nécessite d'impliquer des organismes notifiés.

En termes d'efficacité, l'évaluation de la [directive 2006/42/CE](#) menée par la Commission européenne confirme que cette directive se révèle être un moyen pertinent pour favoriser la libre circulation des marchandises et la prise en compte de la santé et de la sécurité en conception. Les échanges sont en effet facilités dans le cadre de la « *nouvelle approche* » du fait de la reconnaissance du marquage CE en dehors de l'Union européenne et de l'accès à un système de normalisation unique permettant aux fabricants de gagner du temps et de l'argent. En matière de santé et de sécurité, une réduction des accidents mortels et non mortels a été observée. Néanmoins, le rapport de la Commission conclut à l'importance d'apporter des modifications et des simplifications à la directive machines dans le cadre d'une prochaine révision. L'étude d'impact ainsi menée par la Commission européenne<sup>120</sup> a formulé différents objectifs quant à la réalisation de cette révision. Ces objectifs sont les suivants : couvrir les

---

<sup>119</sup> European Commission staff working document: Evaluation of the machinery directive {SWD(2018) 161 final}.

<sup>120</sup> European Commission staff working document: Impact assessment Accompanying the proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council on machinery products {COM(2021) 202 final} - {SEC(2021) 165 final} - {SWD(2021) 83 final}.

risques liés aux technologies émergentes (robots, intelligence artificielle, etc.), clarifier les champs d'application et les définitions, réévaluer les procédures de conformité pour les machines à haut risque dont les dispositions sont insuffisantes, apporter de la cohérence avec les autres textes de l'Union européenne et limiter les divergences d'interprétation dues aux transpositions. Un projet de révision a été remis le 21 avril 2021<sup>121</sup> pour une mise en œuvre située aux alentours des années 2023 et 2024. Au sein de ce projet, afin de permettre une application uniforme des exigences essentielles de santé et de sécurité entre les États membres de l'Union européenne, il est prévu de remplacer la directive par un règlement<sup>122</sup>. En ce qui concerne la conception des pulvérisateurs – même s'il n'est pas envisagé d'ajouter ces machines parmi celles présentant un potentiel plus important de risque – des dispositions sont prises quant à la protection des travailleurs en cabine. En effet, compte tenu des lacunes mentionnées précédemment, les exigences essentielles concernant l'émission de substances dangereuses pour les machines mobiles prévoient que « *les machines automotrices dont la fonction principale est la pulvérisation de produits doivent être équipées de cabines filtrantes ou de mesures équivalentes* »<sup>123</sup>.

### 3.4. La normalisation technique

Le constat a été posé que les normes techniques occupent une place de plus en plus importante (Frydman, 2013 ; Thévenot, 1997 ; Thibierge, 2017). Selon le décret n°2009-697 du 16 juin 2009, relatif à la normalisation, celle-ci « *est une activité d'intérêt général qui a pour objet de fournir des documents de référence élaborés de manière consensuelle par toutes les parties intéressées, portant sur des règles, des caractéristiques, des recommandations ou des exemples de bonnes pratiques, relatives à des produits, à des services, à des méthodes, à des processus ou à des organisations. Elle vise à encourager le développement économique et l'innovation tout en prenant en compte des objectifs de développement durable* »<sup>124</sup>.

---

<sup>121</sup> European Commission : Proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council on machinery products {SEC(2021) 165 final} - {SWD(2021) 82 final} - {SWD(2021) 83 final} et European Commission : Annexes to the Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on machinery products {SEC(2021) 165 final} - {SWD(2021) 82 final} - {SWD(2021) 83 final}.

<sup>122</sup> Consid. 4 of the Proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council on machinery products {SEC(2021) 165 final} - {SWD(2021) 82 final} - {SWD(2021) 83 final}.

<sup>123</sup> Ann. III, part. 3.5.13. of the Annexes to the Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on machinery products {SEC(2021) 165 final} - {SWD(2021) 82 final} - {SWD(2021) 83 final}.

<sup>124</sup> Art. 1 du décret n°2009-697 du 16 juin 2009 relatif à la normalisation.

Dans un premier temps, la normalisation visait à harmoniser les caractéristiques techniques des produits fabriqués dans le secteur industriel afin de faciliter les échanges (Aubry-Caillaud, 2018). Désormais, elle concerne aussi les processus de fabrication, les biens de consommation, les services, les nouvelles technologies, les systèmes de management, la performance, le domaine des transports, l'environnement, etc. (Aubry-Caillaud, 2018 ; Frydman, 2013). Malgré un caractère facultatif, le recours aux normes est fréquent au regard des avantages qu'il présente (Aubry-Caillaud, 2018 ; Mione, 2017). D'une part, la normalisation technique permet aux entreprises de rester compétitives en réalisant des économies d'échelle et en empêchant la concurrence déloyale. D'autre part, pour les consommateurs, elle est gage de qualité, de fiabilité, de performance et de sécurité. Aujourd'hui, la normalisation technique représente une composante importante du « *droit souple* » aussi appelé « *droit mou* » (Thibierge, 2003). Elle fait partie intégrante de notre société contemporaine en raison de sa capacité à influencer sur de nombreuses dimensions (santé, économie, profession, environnement, école, etc.) (Frydman, 2013 ; Thibierge, 2013).

### 3.4.1. Les organismes de normalisation

Les normes techniques se distinguent principalement selon l'échelle à laquelle elles ont été adoptées (internationale, européenne et nationale). Historiquement, la normalisation technique s'est d'abord développée aux niveaux international et national dans la première moitié du XX<sup>e</sup> siècle. Dans ce contexte, les organismes européens de normalisation (OEN) ont rencontré des difficultés à trouver leur place, et ce durant plusieurs années (Aubry-Caillaud, 2018). Il a fallu attendre les années 80, avec l'adoption de la [directive 83/189/CEE](#)<sup>125</sup> prévoyant une procédure d'information dans le domaine des normes et réglementations techniques, ainsi qu'avec la mise en place de la « *nouvelle approche* », pour que la normalisation européenne connaisse un développement sans précédent (Aubry-Caillaud, 2018).

Quelle que soit l'échelle à laquelle elles sont produites, les normes techniques – d'application volontaire et fondées sur le consensus – sont toutes élaborées au sein d'institutions bien

---

<sup>125</sup> Directive du Conseil du 28 mars 1983 prévoyant une procédure d'information dans le domaine des normes et réglementations techniques (83/189/CEE), remplacée aujourd'hui par le règlement (UE) n°1025/2012 du Parlement européen et du Conseil du 25 octobre 2012 relatif à la normalisation européenne, modifiant les directives 89/686/CEE et 93/15/CEE du Conseil ainsi que les directives 94/9/CE, 94/25/CE, 95/16/CE, 97/23/CE, 98/34/CE, 2004/22/CE, 2007/23/CE, 2009/23/CE et 2009/105/CE du Parlement européen et du Conseil et abrogeant la décision 87/95/CEE du Conseil et de la décision n°1673/2006/CE du Parlement européen et du Conseil.

identifiées. Au niveau international, il s'agit de l'organisation internationale de normalisation (ISO) et la commission électrotechnique (CEI). Au niveau européen, les normes techniques sont élaborées par des OEN, tels que le comité européen de normalisation (CEN), le comité européen de normalisation électrotechnique (CEN/CENELEC) et l'institut européen des normes de télécommunication (ETSI). Enfin, au niveau national, les organismes nationaux de normalisation (ONN) sont, par exemple, représentés en France par l'association française de normalisation (AFNOR), en Allemagne par l'institut allemand de normalisation (DIN) ou encore en Angleterre par l'institut anglais de normalisation (BSI). L'ISO, le CEN et l'AFNOR sont les principales institutions à l'origine des normes pour la conception des pulvérisateurs et sur lesquelles il convient désormais de porter notre attention.

Créée en 1946, l'ISO élabore des normes internationales qui visent l'« *innovation en apportant des solutions aux problématiques mondiales* » (Aubry-Caillaud, 2018). Jusqu'à ce jour, 24 401 normes ont été publiées par l'ISO. Cette organisation est composée de 167 membres, à savoir les ONN les plus représentatifs des différents pays. Leur participation leur confère un pouvoir d'influence non négligeable (*ibid.*). Selon l'objet étudié, l'ISO s'organise en 808 comités techniques et sous-comités qui ont pour fonction l'élaboration des normes. Pour ce qui est des normes relatives à la conception des pulvérisateurs, elles sont élaborées au sein du comité TC23 « *tracteurs et matériels agricoles et forestiers* » et du sous-comité SC6 « *matériel de protection des cultures* ». Le secrétariat de ce comité est aujourd'hui assuré par l'AFNOR.

Créé en 1961, le CEN réunit les ONN des États membres de l'Union européenne, aussi membres de l'ISO. Dès lors qu'ils appartiennent au CEN, ces ONN ont pour obligation de transposer l'intégralité des normes européennes à travers des normes nationales. Les normes européennes – à l'instar des normes internationales – sont élaborées en vue de répondre à un besoin. À l'échelle européenne, il n'est pas rare que ce besoin soit issu de l'adoption d'une directive dans le cadre de l'harmonisation européenne. Dans la pratique, il est courant que les normes techniques européennes soient en réalité une transposition des normes techniques internationales. Historiquement, un accord a été approuvé le 27 juin 1991 entre le CEN et l'ISO afin de permettre un échange mutuel des informations nécessaires à la compréhension des avancées en termes de normalisation (Aubry-Caillaud, 2018). En effet, selon le sujet étudié, il est important pour le CEN de tenir compte de la normalisation déjà existante (Frydman, 2013). Pour exemple, dans le cadre de la directive machines, les normes ISO ont majoritairement été reprises par le CEN pour en faire des normes harmonisées dont le respect confère une

présomption de conformité aux exigences essentielles de la directive. Les normes harmonisées relatives à la conception des pulvérisateurs sont produites par le comité technique TC144 « *tracteurs et matériels agricoles et forestiers* » au sein du groupe de travail WG3 « *machines mobiles et remorques* », dont le secrétariat est assuré par l'AFNOR.

Créée en 1926, l'AFNOR élabore des normes nationales. Cependant, 90% de la normalisation française est d'origine européenne et internationale. En effet, les normes nationales françaises constituent majoritairement une transcription des normes européennes et internationales. En ce sens, seulement 10% des normes de l'AFNOR sont élaborées de manière autonome. Pour autant, la France joue un rôle important sur la scène de la normalisation. Au niveau européen, elle occupe la deuxième place et au niveau international la troisième place quant à la détention de comités. Les normes nationales concernant la conception des pulvérisateurs sont élaborées au sein de la commission U26A « *matériel de protection des cultures* ».

Même si de nombreuses institutions sont à l'origine des normes techniques, leurs conditions d'élaboration – qui reposent avant tout sur le consensus – restent sensiblement les mêmes.

### 3.4.2. L'élaboration des normes

Les normes sont élaborées en vue de répondre à un besoin dans un objectif de développement technique et de recherche scientifique (Aubry-Caillaud, 2018 ; Frydman, 2013). Les acteurs à l'origine de l'expression de ce besoin peuvent être divers. Il peut s'agir des pouvoirs publics, des industriels, des consommateurs ou encore d'organisations non gouvernementales (ONG). L'élaboration d'une norme, qu'elle soit internationale, européenne ou nationale repose sur le principe de consensus (Aubry-Caillaud, 2018 ; Frydman, 2012, 2013). La participation d'un grand nombre d'acteurs, les plus représentatifs possibles, se révèle donc indispensable en normalisation (Aubry-Caillaud, 2018). Par exemple, au niveau européen, les petites entreprises sont représentées par le Small Business Standards (SBS), la voix des consommateurs est représentée par l'Association européenne pour la coordination de la représentation des consommateurs dans la normalisation (ANEC) et les employés et travailleurs par la Confédération européenne des syndicats (CES).

Le processus d'élaboration d'une norme, qui s'étend généralement sur 3 ans, s'organise autour de plusieurs étapes : proposition, programmation, rédaction, validation et publication. La phase

de proposition consiste à exprimer un besoin venant des parties prenantes et à le soumettre au comité. Une fois la proposition validée par le comité, il s'agit d'établir le programme à venir pour l'élaboration de la norme, c'est la phase de programmation. Selon le sujet étudié, un comité technique composé d'experts se charge ensuite de rédiger la norme. La norme est après soumise à une enquête publique au cours de laquelle les parties intéressées (fabricants, autorités, consommateurs, etc.) peuvent commenter le projet. Si les résultats de l'enquête impliquent des modifications majeures, alors le projet doit être révisé pour être soumis ensuite à une nouvelle enquête. À l'inverse, si les résultats ne suggèrent pas d'importantes modifications, le projet de norme peut être présenté au vote des membres du comité. À cette étape, l'objectif est de tenir compte de l'avis de tous les participants et de viser à les concilier. En effet, compte tenu du principe de consensus, la norme peut être publiée si et seulement si les participants n'émettent aucune opposition. Une fois la norme promulguée, celle-ci doit être réexaminée tous les cinq ans afin de définir si elle doit être maintenue, modifiée ou retirée. La révision d'une norme se déroule sensiblement de la même façon. Les modifications liées aux contraintes métiers et aux évolutions réglementaires doivent faire l'objet d'un consensus pour être intégrées.

### 3.5. Le contexte de densification normative

Aujourd'hui, le constat de la croissance de la normativité semble faire consensus : c'est le concept de densification normative développée par [Thibierge \(2003, 2013, 2017\)](#). Initié sous le terme d'« *inflation législative* » par [Carbonnier \(1995\)](#), ce phénomène est « *un processus d'évolution du droit qui va bien au-delà du simple constat de l'inflation législative, [puisqu'il s'agit également] d'une tendance majeure de l'évolution des sociétés contemporaines, qui dépasse très largement le champ du droit et concerne tous types de normes* » ([Thibierge, 2013, p. 1](#)). En cela, la densification normative doit autant être analysée d'un point de vue formel que matériel ([Deumier, 2013 ; Goltzberg, 2018](#)). L'angle formel permet d'appréhender la règle de droit comme un contenant. De ce point de vue, cela vise à considérer la densification normative dans sa pluralité, sa diversité. On remarque alors que les règles sont élaborées à différents niveaux (international, européen, national) et au sein de différentes institutions (OCDE, Union européenne, Parlement national, Ministères, ISO, CEN, AFNOR, etc.). Elles vont également se matérialiser à travers différentes formes. D'une part, les normes classiques, telles que les lois, les décrets, ou encore les traités internationaux ou le droit dérivé de l'Union européenne (directives, règlements), qui sont bien connues des juristes. Et d'autre part, les normes dont la consistance juridique est plus incertaine – à savoir le « *droit souple* » ([Thibierge,](#)



2003) – comme les normes techniques, les modes d’emploi ou encore les cahiers des charges. D’un point de vue formel, la détermination de l’étendue des règles à prendre en considération peut donc devenir un problème (Badel *et al.*, 2018 ; Blatman, 2005 ; Blatman *et al.*, 2014). Le second point de vue, dit matériel, s’intéresse au contenu de la règle de droit. À ce niveau, on constate que les dispositifs applicables peuvent poursuivre des objectifs différents et possiblement contradictoires.

### 3.5.1. La diversité des intérêts en cause

Les instruments adoptés par l’Union européenne poursuivent des finalités différentes. Certains portent sur la prévention en matière de santé et de sécurité (directive 89/391/CE), d’autres sur l’encadrement de la mise sur le marché des pesticides (règlement (CE) n°1107/2009 et directive 2009/128/CE) ou encore sur la conception des pulvérisateurs (directive 2009/127/CE modifiant la directive 2006/42/CE). Ces directives qui entendent protéger le travailleur, le consommateur, l’utilisateur, mais aussi la population en générale, sont adoptées par une organisation régionale, l’Union européenne, dont l’objet premier est d’établir une union économique, fondée sur l’affirmation de grandes libertés (circulation des travailleurs et des marchandises, établissement des entreprises au sein de l’Union, etc.). Elles sont donc animées par l’intention de concilier l’économie, le social et l’environnement, dans une perspective de développement durable.

La diversité des intérêts en cause oblige à interroger les conditions d’élaboration des normes juridiques et techniques applicables à la conception des machines. Alors que les conditions d’élaboration d’une norme juridique relèvent d’un processus institutionnalisé et a priori transparent, une certaine opacité entoure les normes techniques. Pour autant, dans le cadre de la « *nouvelle approche* », les organismes privés de normalisation jouent un rôle considérable puisqu’il leur revient désormais de définir les spécifications techniques en matière de santé et de sécurité (Frydman, 2013 ; Supiot & Vacarie, 1993). Et, compte tenu de la présence des industriels dans les processus d’élaboration, le principe de renvoi aux normes favorise donc l’autoréglementation. Comme le résume Supiot et Vacarie (1993), « *le soin de fixer des règles est partiellement confié à ceux qui devront observer ces règles* » (p. 4).

La composition des comités qui préparent et adoptent les normes techniques n’est pas toujours accessible et ne reflète pas la diversité des intérêts concernés (Supiot & Vacarie, 1993). Même si « *les États membres prennent les mesures appropriées en vue de permettre aux partenaires*



*sociaux d'avoir une influence, au niveau national, sur le processus d'élaboration et de suivi des normes harmonisées* »<sup>126</sup>, les utilisateurs finaux ne sont que très peu présents dans les processus de consultation. Pour autant, leur participation est essentielle pour favoriser la prise en compte de leurs intérêts (Hauert, 2015 ; Rey & De Gastines, 2009). Cependant, le temps engagé et les coûts (déplacement, hébergement, cotisation) associés limitent cette participation. Les normes sont donc majoritairement préparées par des experts issus des milieux industriels, plus aptes à investir ce type de forums. Les exigences de santé et de sécurité pour la conception des machines sont alors entre les mains de fabricants, pour qui les intérêts économiques peuvent être privilégiés au détriment des exigences de santé et de sécurité (Rey & De Gastines, 2009). Ce phénomène d'autoréglementation amène les fabricants à « *établir des normes qui [sont] favorables à leurs intérêts afin de consolider ou de faire progresser leurs positions* » (Frydman, 2012, p. 33). Ainsi, les normes techniques – censées traduire l'intérêt général porté par les directives de l'Union européenne – ont en réalité plus pour fonction de servir les intérêts particuliers de ceux qui les élaborent. À ce niveau, les intérêts économiques viennent fréquemment s'opposer aux intérêts visant à protéger la santé humaine et l'environnement.

### 3.5.2. L'exemple de la normalisation technique

Pour illustrer le phénomène de densification normative, il convient de porter l'attention sur la normalisation technique. En effet, elle représente un moyen pertinent d'appréhender ce phénomène à l'aide de différents marqueurs (Thibierge, 2013, 2017). Le premier marqueur concerne l'augmentation sans précédent du volume des normes techniques. Par exemple, le nombre de normes ISO a été multiplié par plus de deux en 25 ans en passant de 10 189 normes en 1995 à 24 401 normes en 2022. La multiplication des normes techniques va de pair avec l'augmentation et la diversification de leurs espaces d'élaboration. Il s'agit là d'un deuxième marqueur. Les instituts de normalisation sont en effet de plus en plus nombreux et se manifestent à différentes échelles (internationale, européenne, nationale). La densification normative se traduit également au regard de l'extension du champ d'application. Initialement développées au niveau national et destinées au secteur industriel, les normes techniques concernent à présent de nombreuses dimensions de la vie sociale et économique. Les objets normalisés sont aussi de plus en plus divers. Alors qu'auparavant les normes techniques visaient seulement à encadrer les caractéristiques techniques des produits industriels, elles s'appliquent

---

<sup>126</sup> Art. 7 de la directive 2006/42/CE.

maintenant à des services, des systèmes de management, des compétences professionnelles, etc. Ces normes ne sont donc plus uniquement techniques puisqu'elles tendent aussi à « *diriger les hommes et leurs comportements* » (Frydman, 2013, p. 40). Les formes normatives se diversifient et se multiplient avec aujourd'hui l'existence de normes de qualité, de sécurité, de management, etc. Les acteurs concernés (entreprises, particuliers, artisans, agriculteurs, collectivités, laboratoires, associations, etc.) par la normalisation technique connaissent également un accroissement sans précédent. En raison de ces différents marqueurs, deux difficultés peuvent être soulignées. D'une part, la densification normative peut engendrer une réduction des marges de liberté et de créativité en raison de prescriptions et de contrôles trop importants. D'autre part, la prolifération des normes peut avoir un impact sur leur efficacité suite à une perte de cohérence, de lisibilité ou encore d'accessibilité (Thibierge, 2013, 2017).

Enfin, le dernier marqueur concerne l'intensification de la force normative. En effet, même si les normes techniques sont d'application volontaire, elles se révèlent tout de même indispensables. Dans un contexte où la responsabilité sociale des entreprises (RSE) est de plus en plus prégnante (Boy, 2017), ces normes techniques permettent par exemple l'obtention de certifications, parfois essentielles pour rester compétitif. En effet, « *l'engagement de la responsabilité n'est alors pas juridique en tant que tel, mais découle d'une sorte de sanction résultant de la perte de la certification [...] qui prouvera alors aux yeux des partenaires de l'entreprise son incapacité ou son incompétence à mettre en œuvre la qualité de gestion de la santé et de la sécurité au travail prescrite par la norme. L'ambition prescriptive de la normalisation s'avère alors puissante en termes d'image et de contractualisation potentielle* » (Lerouge, 2021b, pp. 18-19).

### 3.5.3. Une portée juridique incertaine des normes harmonisées dans le cadre de la « *nouvelle approche* »

L'intensification de la force normative (Thibierge, 2013, 2017) peut aussi être mise en évidence dans le cadre du dispositif de « *nouvelle approche* » au niveau européen. En effet, malgré leur caractère facultatif, les normes harmonisées détiennent une force toute particulière puisque leur respect confère une présomption de conformité à la directive. En ce sens, les fabricants sont fortement incités à les suivre. Supiot et Vacarie (1993) avancent que « *le droit communautaire attribue aux normes techniques un statut juridique* » (p. 1). À ce niveau, c'est une toute autre difficulté qui apparaît, à savoir la portée juridique des normes techniques. En cas d'accident, il

serait possible de blâmer un fabricant de ne pas avoir respecté les normes harmonisées. À l'inverse, il serait difficile pour le juge de s'appuyer sur leur respect compte tenu de leur valeur juridique incertaine (Frydman, 2013 ; Supiot & Vacarie, 1993 ; Verkindt, 2015). Plusieurs auteurs s'accordent pour affirmer l'enjeu de questionner la place de ces normes parmi les autres sources (Champeil-Desplats, 2019 ; Frydman, 2012 ; Lerouge, 2021b ; Thibierge, 2013, 2017 ; Van Waeyenberge, 2018). En raison de leur complémentarité avec les sources juridiques classiques, la portée juridique des normes techniques évolue. La décision de la CJUE du 27 octobre 2016<sup>127</sup>, dans le cadre de l'affaire opposant l'entreprise de construction James Elliott et l'entreprise Irish Asphalt, permet de traduire cette évolution. Jusqu'alors, les arrêts visant à interpréter les normes techniques harmonisées par voie préjudicielle sont rares (Van Waeyenberge, 2018). Dans cette affaire, c'est une norme technique harmonisée qui est au cœur du litige. En effet, l'entreprise James Elliott Construction a poursuivi l'entreprise Irish Asphalt pour ne pas avoir fourni des matériaux conformes à une norme harmonisée. À l'issue de cette affaire, la CJUE a reconnu que les normes techniques harmonisées – malgré leur dimension privée et leur caractère volontaire – font partie du droit de l'Union européenne et qu'elles peuvent faire l'objet d'une interprétation à l'occasion d'une question préjudicielle devant la Cour. Cette décision soulève des interrogations quant à l'opposition considérée comme évidente entre norme juridique et norme technique (Supiot, 1994). En effet, les directives européennes (normes juridiques) fixent des exigences essentielles obligatoires, juridiquement sanctionnables, et dont toute modification de leur contenu nécessite l'adoption d'une nouvelle directive. Quant aux normes harmonisées (normes techniques), elles énoncent des spécifications techniques facultatives, aisément modifiables et sont issues d'organismes privés (Ruwet, 2017 ; Supiot, 1994 ; Supiot & Vacarie, 1993). Cette rencontre de différents modes de normativité (Champeil-Desplats, 2019) laisse apparaître une division du travail entre sphère publique et sphère privée (Supiot & Vacarie, 1993).

---

<sup>127</sup> Affaire C-613/14 du 27 octobre 2016, James Elliott Construction Limited contre Irish Asphalt Limited.

# Chapitre 4. Discussion intermédiaire du contexte de la recherche

## 4.1. Éléments de synthèse et discussion

Le recours aux pesticides dans le secteur agricole est fréquent du fait de la nécessité pour les agriculteurs de protéger les cultures contre les maladies et ravageurs. Les pulvérisateurs se révèlent être des agroéquipements indispensables pour viser à cette protection. Toutefois, en raison de leur conception, ces machines peuvent être à l'origine de situations d'exposition aux pesticides. Cela nous amène à nous interroger sur la capacité des politiques actuelles à offrir une protection adéquate, et ce, même dans le cadre de la mise sur le marché des pesticides et de leur utilisation en matière de santé et de sécurité. En ce sens, l'analyse du contexte réglementaire met en évidence plusieurs limites. Parmi celles-ci, la mise en balance des intérêts économiques et des intérêts visant à protéger la santé humaine est un enjeu qui revient fréquemment et qui est source d'incertitudes. Les ambiguïtés alors soulevées nous conduisent à questionner la capacité du droit à maintenir un équilibre entre ces différents intérêts afin d'être une ressource pour la prévention. Comme le soulignent [Drais et Pélisse \(2017\)](#) à propos de la prévention, « *le droit constitue, en effet, autant un cadre contraignant qu'une ressource, un registre normatif porteur de valeurs et de principes constituant des appuis pour l'action, autant qu'un horizon susceptible de peser sur les organisations et les acteurs qui ont en responsabilité, et/ou qui gèrent directement, ces risques collectifs* » (p. 235). De ce fait, le droit apparaît comme un des déterminants des situations de travail. En effet, comme le précise [Bouldi \(2022\)](#), « [...] *les productions législatives et jurisprudentielles font partie intégrante des déterminants structurant la situation et l'environnement en situation professionnelle* » (p. 33). Néanmoins, les formes de traduction du droit et ses interprétations peuvent être sources de difficultés et insuffisantes pour prévenir les situations d'exposition aux pesticides ([Laurent et al., 2016](#)).

Face à ces constats, l'enjeu est de contribuer à une meilleure compréhension des situations d'exposition aux pesticides lors de l'utilisation des pulvérisateurs. Même si les déterminants impliqués dans ces situations sont nombreux, notre thèse se focalise sur un déterminant particulier : le pulvérisateur. S'intéresser à ce déterminant technique peut nous permettre de révéler une chaîne de déterminants alors pertinente pour approfondir la compréhension des situations d'exposition aux pesticides. Eu égard aux éléments de contexte développés dans la

première partie de ce manuscrit, nous nous emploierons à caractériser cette chaîne en nous intéressant plus particulièrement aux activités d’usage des pulvérisateurs, aux activités de conception, au contenu de la réglementation applicable à cette conception et aux activités d’élaboration de cette réglementation (cf. Figure 13).

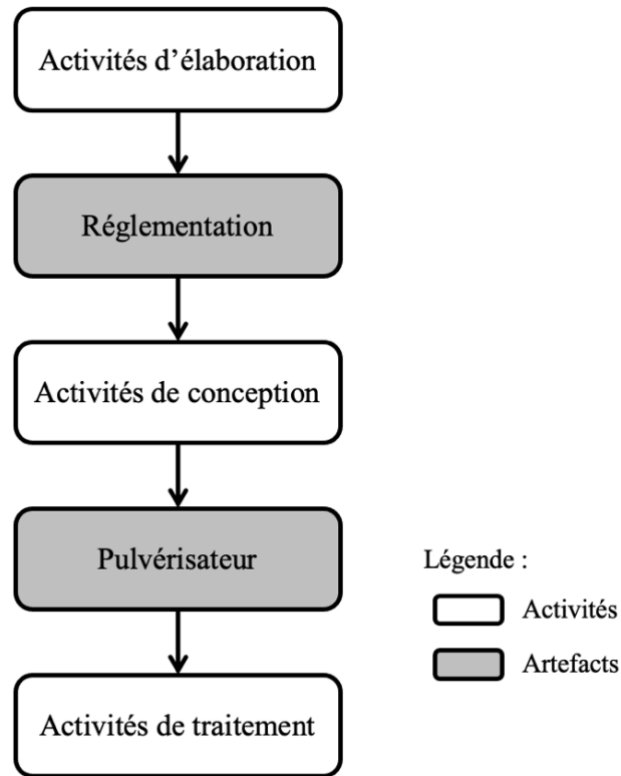


Figure 13 – Chaîne de déterminants des activités de traitement

À un niveau micro, les activités de traitement constituent le point de départ de notre compréhension des situations d’exposition aux pesticides lors de l’utilisation des pulvérisateurs. Les déterminants en chaîne que nous souhaitons analyser nous amènent à distinguer deux types de déterminants : des artefacts et des activités. Les artefacts correspondent au pulvérisateur et à la réglementation en tant que déterminants « matériels ». La conception de ces artefacts est elle-même déterminée par des activités humaines. En ce sens, le pulvérisateur et la réglementation peuvent être perçus, respectivement, comme le produit des activités de conception et des activités d’élaboration.

À ce stade, la schématisation ci-dessus n’est qu’une modélisation initiale de la chaîne de déterminants des activités de traitement. En effet, nous serons amenés à faire évoluer cette schématisation tout au long de notre thèse.

## 4.2. Questions de recherche

Ce contexte général nous amène à soulever quatre questions de recherche auxquelles nous apporterons des réponses au sein de la quatrième et dernière partie de ce manuscrit.

La première question de recherche vise à rendre compte de l'intérêt d'identifier une chaîne de déterminants pour comprendre les situations d'exposition aux pesticides des agriculteurs lors de l'utilisation des pulvérisateurs.

Q1

En quoi l'identification d'une chaîne de déterminants est-elle pertinente pour comprendre les situations d'exposition aux pesticides des agriculteurs lors de l'utilisation des pulvérisateurs ?

La deuxième question de recherche vise plus spécifiquement à interroger la place du droit (réglementation et activités d'élaboration) parmi ces déterminants.

Q2

En quoi le droit constitue-t-il un macrodéterminant des situations d'exposition aux pesticides des agriculteurs lors de l'utilisation des pulvérisateurs ?

La troisième question de recherche permet de s'interroger sur la méthodologie qui peut être mise en place pour comprendre les situations d'exposition aux pesticides lors de l'utilisation des pulvérisateurs. Cette méthodologie, basée sur l'analyse de l'activité en ergonomie, doit également permettre d'identifier une chaîne de déterminants.

Q3

Quelle méthode opérationnelle basée sur l'analyse de l'activité en ergonomie peut être mise en œuvre pour comprendre les situations d'exposition aux pesticides lors de l'utilisation des pulvérisateurs et identifier une chaîne de déterminants ?

Enfin, la quatrième question de recherche vise à interroger la possibilité pour l'ergonomie d'envisager des transformations à plusieurs échelles pour prévenir les situations d'exposition aux pesticides lors de l'utilisation des pulvérisateurs.

Q4

Eu égard aux déterminants identifiés, comment l'ergonomie peut-elle envisager des transformations à différentes échelles pour prévenir les situations d'exposition aux pesticides lors de l'utilisation des pulvérisateurs ?



## DEUXIÈME PARTIE : CADRE THÉORIQUE

Dans le cadre de cette deuxième partie, nous allons présenter le cadre théorique sur lequel s'appuie notre travail de thèse. Au regard des questions de recherche formulées précédemment, l'objectif est de mobiliser des approches, des concepts et des démarches utiles à la compréhension et à la transformation des situations d'exposition aux pesticides lors de l'utilisation des pulvérisateurs.

Trois chapitres composent cette deuxième partie. Dans un premier temps, il s'agit de présenter l'ergotoxicologie – comme pratique particulière de l'ergonomie utile pour résoudre l'énigme de l'exposition à des substances chimiques. Pour résoudre cette énigme, la démarche d'intervention ergotoxicologique mobilise des méthodes et des outils permettant de comprendre l'activité et d'identifier la diversité des déterminants impliqués dans les expositions (Chapitre 5). Considérer le pulvérisateur comme un des déterminants techniques des situations d'exposition aux pesticides suppose de souligner les limites associées aux approches technocentrée et normative mobilisées en conception. Le chapitre suivant a alors pour objectif de souligner l'intérêt de l'approche instrumentale pour rendre compte de la contribution des utilisateurs à la conception du fait des appropriations opérées au cours de l'activité (Chapitre 6).

Enfin, pour terminer cette deuxième partie, nous concluons par une brève discussion du cadre théorique et nous formulerons la problématique générale de notre de travail de recherche ainsi que les hypothèses que nous allons chercher à défendre (Chapitre 7).



## Chapitre 5. L'ergotoxicologie comme pratique particulière de l'ergonomie

D'après Garrigou (2011), 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)<sup>128</sup>, des outils et des moyens de prévention efficaces pour gérer et prévenir les risques pour la santé des travailleurs exposés à des produits chimiques* » (p. 25). Même si l'ergotoxicologie se concentre principalement sur les situations d'exposition à des substances chimiques, elle s'inscrit pleinement au sein de l'ergonomie de l'activité. En effet, en tant que « *domaine de spécialisation* » (Falzon, 2004, p. 18) de l'ergonomie, l'ergotoxicologie place la compréhension de l'activité au cœur de sa démarche en visant des transformations qui permettent d'adapter le travail à l'Homme en considérant ce dernier dans toutes ses dimensions. Même si ce principe représente aujourd'hui une opportunité pour l'ergonomie de faire valoir juridiquement ses objectifs, sa portée est limitée dans une approche développementale de la santé (§5.1). C'est à la fin du XX<sup>e</sup> siècle que l'ergotoxicologie s'est principalement développée en mettant en évidence l'intérêt de tenir compte des conditions réelles de travail dans la compréhension des situations d'exposition à des substances chimiques (§5.2). En effet, les modèles de l'exposition proposés par les sciences expérimentales et les modèles technico-réglementaires s'inscrivent essentiellement dans un paradigme déterministe ce qui ne permet pas une prévention suffisante (§5.3). En réalité, les situations d'exposition aux substances chimiques constituent des énigmes qu'il faut tenter de résoudre. Pour cela, la démarche ergotoxicologique propose l'articulation d'approches permettant le recueil de données objectives et subjectives afin d'identifier la diversité des déterminants impliqués dans ces situations. Dans une perspective de prévention, les déterminants identifiés à différents niveaux représentent alors des leviers de transformation sur lesquels il serait pertinent d'agir (§5.4).

### 5.1. Une nécessaire référence aux concepts de l'ergonomie de l'activité

En comparaison avec le courant *Human factors*, développé dans les années 50 par les pays anglo-saxons et avant tout focalisé sur la tâche, l'ergonomie de l'activité – comme son nom

---

<sup>128</sup> Wisner (1972) définit les « *modèles opérants* » comme « *des modèles de la situation qui sont représentatifs des aspects essentiels du réel, qui permettent des mesures objectives et qui soient susceptibles de conduire à des solutions efficaces* » (cité par Béguin, 2010, p. 19).

l'indique – est principalement centrée sur l'activité (Guérin *et al.*, 2006 ; Teiger, 1993 ; Zare, 2022). Par l'accès au terrain, l'analyse ergonomique du travail (AET) permet de produire des connaissances qui tiennent compte des conditions réelles de travail et de la complexité des situations (Falzon, 1998 ; Ombredane & Faverge, 1955 ; Teiger *et al.*, 2006 ; Wisner, 1990).

### 5.1.1. L'activité et la tâche

En ergonomie, l'activité est couramment définie comme « *ce qui est fait, ce qui est mis en jeu par le sujet pour effectuer la tâche* » (Falzon, 2004, p. 24). Tandis que la tâche « *c'est ce qui est à faire, ce qui est prescrit par l'organisation* » (Falzon, 2004, p. 24). Cette distinction entre la tâche et l'activité est fondatrice en ergonomie (Hubault & Bourgeois, 2004 ; Leplat, 2004). Elle permet de rendre compte de l'écart qui se manifeste inévitablement « *dans tout acte de travail, entre "ce qu'on demande" et "ce que ça demande"* » (Guérin *et al.*, 2006, pp. 35-36). De ce fait, il est aussi possible de distinguer l'écart entre le travail prescrit et le travail réel (cf. Figure 14). Le travail prescrit fait référence à la tâche comme résultats anticipés et fixés dans des conditions déterminées. Quant au travail réel, il renvoie à l'activité comme accomplissement de la tâche dans des conditions réelles avec des résultats effectifs (Guérin *et al.*, 2006).

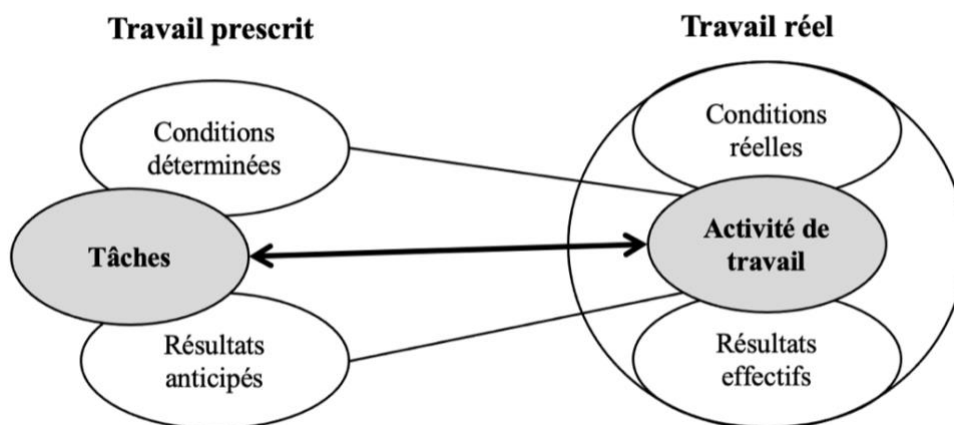


Figure 14 – Distinction entre travail prescrit et travail réel (Guérin *et al.*, 2006, p. 36)

Les origines de l'écart entre le travail prescrit et le travail réel sont multiples, mais elles relèvent principalement de la variabilité des situations et de l'inventivité des travailleurs en situation pour faire face à ces variabilités (Guérin *et al.*, 2006, 2021 ; Montmollin, 1984 ; Rabardel *et al.*, 1998). Rabardel *et al.* (1998) proposent différents exemples à l'origine de l'écart entre travail prescrit et travail réel :

« - il est impossible de prescrire le travail dans tous ses détails et, de ce fait, le travail réel excède toujours le travail prescrit ;  
- l'opérateur gère en permanence la variabilité et la diversité propres à toutes les situations de travail dans la réalisation de son travail réel qui ainsi s'éloigne de ce qui est prescrit ;  
- l'opérateur peut avoir des difficultés pour se représenter un travail dont la prescription est parfois obscure ou très lacunaire ;  
- l'opérateur redéfinit également le travail à partir de ses propres objectifs et systèmes de valeur. » (p. 24)

Ces exemples proposés par Rabardel *et al.* (1998) reposent sur l'hypothèse que les travailleurs font toujours différemment de ce qui est demandé. En effet, « le travail c'est la mobilisation des hommes et des femmes face à ce qui n'est pas prévu par la prescription, face à ce qui n'est pas donné par l'organisation du travail » (Davezies, 1993, p. 38). Il convient alors de souligner que la production ne serait pas assurée si les hommes et les femmes s'en tenaient seulement aux tâches prescrites. En effet, ils mettent en place de nombreuses stratégies au cours de leur activité pour anticiper ou faire face aux dysfonctionnements et aux variabilités très souvent sous-estimés par les prescripteurs (décideurs, concepteurs) (Daniellou, 2001 ; Daniellou & Béguin, 2004). Les variabilités concernent différents éléments de la situation de travail tels que les produits, les matières premières ou l'environnement, mais elles sont également propres aux individus (Guérin *et al.*, 2006 ; St-Vincent *et al.*, 2011). À ce niveau, il est possible de distinguer les variabilités interindividuelles (différence de taille entre deux personnes) et les variabilités intraindividuelles (différence de fatigue entre deux moments de la journée pour une même personne). En s'opposant à la notion d'« homme moyen » (Wisner & Marcellin, 1971), la compréhension de ces différents types de variabilités est essentielle pour saisir la complexité inhérente à toutes situations de travail (St-Vincent *et al.*, 2011). Pour faire face aux différentes variabilités, les stratégies mises en place par les travailleurs visent à assurer un équilibre entre différents objectifs qui peuvent parfois être contradictoires dans la situation de travail (Guérin *et al.*, 2006 ; Rabardel *et al.*, 1998). Les régulations ainsi opérées par les hommes et les femmes au travail (Leplat, 2006) relèvent alors de compromis qui peuvent s'avérer plus ou moins coûteux pour leur santé (Guérin *et al.*, 2006 ; Rabardel *et al.*, 1998).

La complexité liée aux situations de travail – qui incite à considérer le travail comme une énigme (Davezies, 1993) – s'accroît en raison de la diversité des dimensions mobilisées par les individus au cours de leur activité.

### 5.1.2. Un modèle de l'Homme multidimensionnel

Viser la compréhension de l'activité, c'est viser la compréhension du fonctionnement de l'Homme dans ses différentes dimensions (Daniellou, 2001 ; Garrigou, 2011). En effet, l'activité de travail mobilise différentes dimensions constituantes du modèle du fonctionnement de l'Homme au travail pour accomplir les tâches. Quatre dimensions peuvent être distinguées : la dimension biologique, la dimension cognitive, la dimension psychique et la dimension sociale (cf. Figure 15). La dimension biologique vise à considérer l'homme comme un système de traitement de l'énergie, cela correspond à l'engagement du corps au cours de l'activité. La dimension cognitive envisage l'homme comme un système de traitement de l'information. La dimension psychique considère l'homme comme acteur d'une histoire qui a contribué à façonner sa personnalité. Enfin, la dimension sociale envisage l'homme comme membre de plusieurs groupes sociaux. L'activité mobilise systématiquement ces quatre dimensions et la santé se construit simultanément et de manière dynamique au travers de chacune d'entre elles.

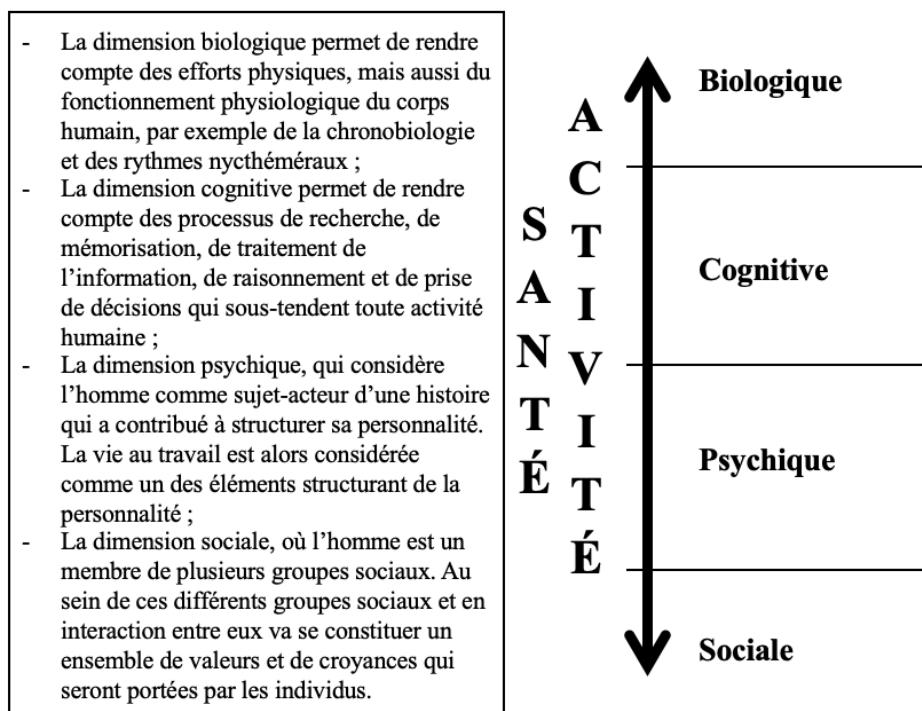


Figure 15 – Les quatre dimensions du modèle de l'Homme (Garrigou, 2011, p. 48)

En situation, il est fréquent que les travailleurs s'adaptent aux exigences du travail. Néanmoins, dans une dynamique de préservation de la santé, il est préférable de poursuivre l'objectif inverse, à savoir adapter le travail à l'Homme, et ce, au travers de ses quatre dimensions.

### 5.1.3. Adapter le travail à l'Homme

Comme le souligne [Falzon \(2013\)](#), « depuis ses origines, l'ergonomie s'est donné pour objectif l'adaptation du travail, des environnements, des machines à l'Homme » (p. 1). En effet, en 1957, le séminaire organisé aux Pays-Bas à l'origine de la création de l'International Ergonomics Association (IEA) s'intitulait « *Fitting the job to the worker* ». De plus, l'ouvrage écrit par Jean-Marie Faverge, Jacques Leplat et Bernard Guiguet en 1958 et titré « *L'adaptation de la machine à l'Homme* » constitue une publication pionnière en ergonomie. En 1970, la Société d'ergonomie de langue française (SELF) définit alors l'ergonomie comme « *l'adaptation du travail à l'Homme, plus précisément, comme la mise en œuvre des connaissances scientifiques relatives à l'Homme et nécessaires pour concevoir des outils, des machines et des dispositifs qui puissent être utilisés avec le maximum de confort, de sécurité et d'efficacité* ».

C'est principalement au travers de cet objectif qu'il existe un lien entre l'ergonomie de l'activité et le droit. En effet, le principe d'adaptation du travail à l'Homme est actuellement présent dans la législation internationale, européenne et nationale ([Fantoni-Quinton & Verkindt, 2015](#) ; [Verkindt, 2020, 2021](#)). À l'échelle internationale, la [convention \(n°155\)](#) – adoptée en 1981 par l'OIT et relative à la santé et la sécurité des travailleurs – précise que la politique de chaque État membre à l'égard de la prévention de la santé au travail doit tenir compte « *des liens qui existent entre les composantes matérielles du travail et les personnes qui exécutent ou supervisent le travail ainsi que l'adaptation des machines, des matériels, du temps de travail, de l'organisation du travail et des procédés de travail aux capacités physiques et mentales des travailleurs* »<sup>129</sup>. À l'échelle européenne, la [directive 89/391/CE](#) énonce les neuf principes généraux de prévention dont l'adaptation du travail à l'Homme : « *adapter le travail à l'Homme, en particulier en ce qui concerne la conception des postes de travail ainsi que le choix des équipements de travail et des méthodes de travail et de production, en vue notamment d'atténuer le travail monotone et le travail cadencé et de réduire les effets de ceux-ci sur la santé* »<sup>130</sup>. D'autres directives européennes font référence à ce principe comme la [directive 2003/88/CE](#) relative à l'aménagement du temps de travail<sup>131</sup>. Au niveau national, les principes

---

<sup>129</sup> Art. 5 de la Convention (n°155) de l'OIT sur la santé et la sécurité des travailleurs.

<sup>130</sup> Art. 6 de la directive du Conseil du 12 juin 1989 concernant la mise en œuvre de mesures visant à promouvoir l'amélioration de la sécurité et de la santé des travailleurs au travail.

<sup>131</sup> Art. 13 de la directive 2003/88/CE du Parlement européen et du Conseil du 4 novembre 2003 concernant certains aspects de l'aménagement du temps de travail.

généraux de prévention de la [directive 89/391/CE](#) ont été transposés en droit interne par la loi n°91-1414 du 31 décembre 1991<sup>132</sup> au sein des articles L. 4121-1 et L. 4121-2 du Code du travail. Ces articles disposent que l'employeur doit prendre les mesures nécessaires pour assurer la sécurité de ses employés, dont « *la mise en place d'une organisation et de moyens adaptés* »<sup>133</sup>. De plus, il est précisé que « *l'employeur veille à l'adaptation de ces mesures pour tenir compte du changement des circonstances et tendre à l'amélioration des situations existantes* »<sup>134</sup>. Cette dernière obligation insiste sur l'importance de réaliser des adaptations qui tiennent compte des évolutions des situations et de ce fait, des conditions réelles de travail.

Le principe d'adaptation du travail représente un élément structurant du droit du travail ([Verkindt, 2020, 2021](#)) de par sa capacité à réduire les discriminations puisqu'il vise à tenir compte des variabilités interindividuelles et intraindividuelles pour concevoir le travail. En 2018, cette obligation juridique est renforcée par une action jurisprudentielle du fait de la décision de la Cour d'appel de Douai du 30 novembre<sup>135</sup> ([Lanouzière, 2019 ; Verkindt, 2020](#)). Dans le cadre de cette affaire, l'employeur n'a pas respecté le principe d'adaptation du travail à l'Homme dans la mesure où l'organisation du travail mise en place ne permettait pas de rendre la charge de travail soutenable pour Mme C. Selon [Lanouzière \(2019\)](#), « *le principe percute en premier lieu des décennies d'obligations légales portant une philosophie contraire* » (p. 3). Aujourd'hui encore, les esprits et les pratiques ont fortement tendance – dans la dynamique de la théorie darwinienne – à assurer la « *survivance des plus aptes* » (*ibid.*). C'est effectivement ce qu'a plaidé la défense de l'employeur dans le cadre de l'affaire susmentionnée : « *d'autres chargés de clientèle exercent les mêmes fonctions que Mme C. dans les mêmes conditions et ne font état d'aucune surcharge ou d'un travail sous pression* »<sup>136</sup>. Néanmoins, la cour a su mobiliser le principe d'adaptation du travail à l'Homme pour soulever les manquements de l'employeur et le condamner.

La possibilité pour l'ergonomie de l'activité de transcrire ses objectifs dans la législation française relève d'une évolution sans précédent. Toutefois, même si le principe d'adaptation du

---

<sup>132</sup> Loi n°91-1414 du 31 décembre 1991 modifiant le Code du travail et le Code de la santé publique en vue de favoriser la prévention des risques professionnels et portant transposition de directives européennes relatives à la santé et à la sécurité du travail.

<sup>133</sup> Art. L. 4121-1 du Code du travail.

<sup>134</sup> *ibid.*

<sup>135</sup> Cour d'appel de Douai, 30 novembre 2018, n°2199/18, Mme C. c/ société Pro impec.

<sup>136</sup> *ibid.*, p. 4.



travail à l'Homme constitue un objectif central pour l'ergonomie, des limites peuvent être soulevées. Selon Falzon (2013), « l'ergonomie ne peut se satisfaire d'une vision ponctuelle, statique, de l'adaptation, qui réduirait l'objectif de l'ergonomie à la conception de systèmes adaptés au travail tel qu'il est défini à un moment donné, aux opérateurs tels qu'ils sont à un moment particulier, aux organisations telles qu'elles opèrent là et maintenant » (p. 1). Alors que les activités sont en changement perpétuel et en développement, ce principe induit une vision statique des hommes et des femmes au travail (Falzon, 2013 ; Wisner, 1997). Falzon (2013) affirme alors que « l'objectif de l'ergonomie doit être le développement » (p. 1). Par conséquent, la santé doit également être envisagée dans une perspective développementale.

#### 5.1.4. Une conception développementale de la santé

Les définitions de la santé sont multiples et évoluent au cours du temps. En 1946, la définition proposée par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) a marqué un tournant important puisqu'elle a permis de considérer l'Homme dans ses différentes dimensions : « la santé est un état de complet bien-être physique, mental et social, et ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité » (Constitution de l'OMS, 1946). Toutefois, cette définition présente une limite du point de vue de l'ergonomie de l'activité dans la mesure où elle envisage la santé comme un « état », ce qui implique d'avoir une vision instantanée de l'individu (Daniellou, 2001 ; Falzon, 1996). Selon Dejours (1995), il est plus opportun de considérer la santé comme un processus, une construction dynamique qui se fait dans le temps, tout au long de la vie.

En complément de cette approche dynamique, la santé peut être caractérisée par la capacité des individus à ne pas subir les contraintes du milieu, mais à être capables de le modifier pour y affirmer leurs normes et leur projet de vie (Canguilhem, 1966). En effet, « ce qui caractérise la santé, c'est la possibilité de dépasser la norme qui définit le normal momentanément, la possibilité de tolérer des infractions à la norme habituelle et d'instituer des normes nouvelles dans des situations nouvelles » (ibid., pp. 170-171). Canguilhem (1966) ajoute que « l'homme sain ne se dérobe pas devant les problèmes que lui posent les bouleversements parfois subits de ses habitudes, même physiologiquement parlant, il mesure sa santé à sa capacité à surmonter les crises organiques pour instaurer un nouvel ordre » (p. 174). L'importance réside alors pour les hommes et les femmes au travail de disposer de possibilités d'action sur leur milieu pour se développer : « certes l'activité est adaptation, mais elle est surtout conquête, reconfiguration,

*conformation de l'environnement, constitution d'un milieu professionnel centré sur le travailleur par le travailleur* » (Béguin, 2010, p. 82). Ces propos traduisent la capacité des individus à s'adapter aux normes déjà existantes, mais surtout à en produire de nouvelles (Guérin *et al.*, 2021). En admettant cette conception de la santé, il est possible d'envisager le travail comme « *opérateur de santé* » (Dejours, 1995, p. 8) dans un contexte où le travail a plutôt tendance à être considéré comme la cause d'apparition de pathologies, de souffrances, voire même d'aliénation (Davezies, 2015).

## 5.2. Approche historique de l'ergotoxicologie

Garrigou (2011) rappelle que Nicole Delvolvé fait partie des premiers auteurs à faire mention de l'intérêt de porter l'attention sur les risques liés aux substances toxiques et aux effets associés sur la santé des travailleurs. Cette auteure insistait déjà sur l'importance et l'urgence de rendre compte de la complexité des situations de travail dans la considération de ces risques. En ce sens, elle soulignait les limites associées aux approches épidémiologiques et toxicologiques qui tendent à focaliser l'attention sur un seul facteur de la situation, quand une diversité d'autres facteurs s'avère jouer un rôle clé (Delvolvé, 1984). Ainsi, elle proposait d'intégrer les connaissances toxicologiques dans la démarche ergonomique afin de tenir compte des conditions réelles de travail dans l'analyse des situations d'exposition à des substances chimiques. Nous devons ensuite, comme le mentionnent Mohammed-Brahim et Garrigou (2009), la première définition de l'approche ergotoxicologique à Villate (1985) : « *dès à présent, on utilise les normes comme des points de repère plutôt que comme des certitudes de non-danger. Elle implique que la toxicité des produits devrait être évaluée à partir de la prise en compte des caractéristiques des travailleurs qui y sont exposés : âge, sexe, ancienneté au poste de travail, antécédents médicaux et, évidemment, activité de travail* » (p. 303).

L'ergotoxicologie a ensuite été développée par différents auteurs tels que Sznalwar (1992), Mohammed-Brahim (1996) et Garrigou (2011). Dans le cadre de son travail de thèse portant sur l'utilisation des pesticides dans le secteur agricole, Sznalwar (1992) a établi des points de repère essentiels à prendre en compte pour la compréhension des situations d'exposition à des substances chimiques. Ces points de repère constituent les fondements de l'approche ergotoxicologique :



« 1) L'organisation du travail et la stratégie d'utilisation sont des aspects fondamentaux dans l'étude de l'exposition aux biocides, dans la mesure où ces facteurs déterminent quels travailleurs, quand, avec quelle fréquence, durée, quantité et quel type de toxique seront exposés les travailleurs agricoles.

2) En étudiant l'activité déployée par les opérateurs aux différents postes de travail où ils exercent pour accomplir cette tâche, nous pouvons établir une claire différenciation de l'exposition existant à chaque étape.

3) Les producteurs et les salariés agricoles possèdent une représentation du risque sanitaire encouru par l'exposition aux biocides, mais, même ainsi, les mesures d'hygiène et de protection prescrites sont difficilement respectées. En réalité, ils sont obligés d'établir certains types de compromis en tenant compte de leur représentation du risque, des exigences de la production, des difficultés pour exécuter la tâche en question et de la nécessité de conserver leur emploi ou de se maintenir dans leur profession. » (Szelwar, 1992, p. 122)

### 5.3. Approche critique des méthodes expérimentales

En raison des limites associées aux méthodes scientifiques de production des savoirs sur les produits chimiques (Dedieu & Jouzel, 2015 ; Jouzel & Dedieu, 2013 ; Martin, 2016), l'approche ergotoxicologique remet en cause les mesures de prévention issues de ces méthodes. En effet, elles ne permettent pas de prévenir efficacement les risques en raison de leur manque de confrontation aux conditions réelles de travail (Mohammed-Brahim & Garrigou, 2009).

#### 5.3.1. Remise en cause du « modèle par écrans »

L'approche ergotoxicologique permet de combler un écueil important en ce qui concerne le modèle actuel de la démarche de prévention du risque chimique – dit « modèle par écrans » (Mohammed-Brahim, 2006 ; Mohammed-Brahim & Garrigou, 2009). En effet, ce modèle propose d'intercaler différentes barrières de nature normative (limites d'exposition admissible), réglementaire (inaptitude médicale) et matérielle (consignes de sécurité et équipements de protection) (cf. Figure 16, p. 109).

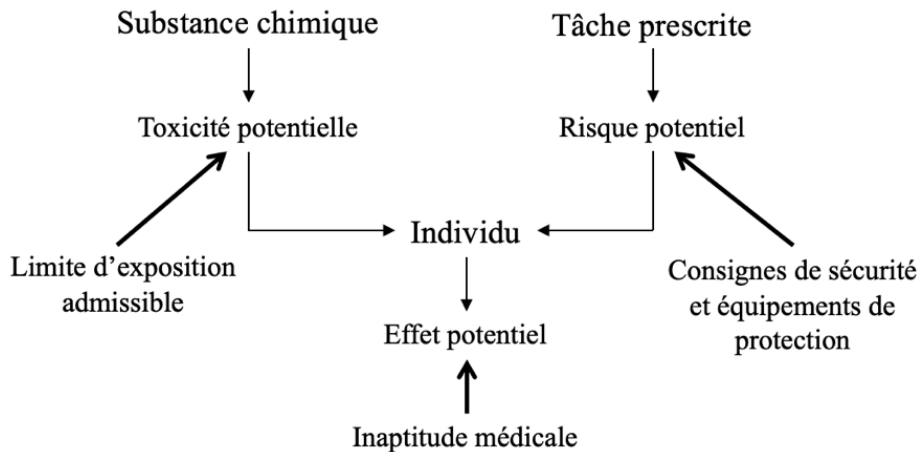


Figure 16 – Modèle par écrans de la démarche de prévention du risque toxique en milieu de travail (Mohammed-Brahim, 2006)

Ce modèle montre que le fait d’intercaler ces différentes barrières permet de faire face aux dangers. Le premier écran – en référence aux normes – équivaut aux diverses mesures mises en place pour prévenir les effets délétères de l’exposition à une substance à partir de valeurs seuils. Le deuxième écran – qualifié de réglementaire – correspond aux décisions prises par la médecine du travail quant à la déclaration d’aptitude ou d’inaptitude imposée au travailleur. Enfin, le troisième et dernier écran – de nature matérielle – équivaut aux consignes de sécurité et aux EPC et EPI mis en place. Ce sont ces trois barrières qui constituent le modèle par écrans.

Faire face aux dangers en intercalant ces différentes barrières nécessite de se reposer majoritairement sur des pratiques et des connaissances issues de la toxicologie industrielle (Mohammed-Brahim, 2006 ; Mohammed-Brahim & Garrigou, 2009). Cependant, cette dernière s’inscrit dans un paradigme déterministe de cause à effet en référence à une seule substance et à partir d’une dose seuil sans tenir compte de l’activité de travail. Même si la création de valeurs seuils a permis de réduire considérablement les situations d’exposition aux substances chimiques, la prévention de ces situations n’est pas suffisante (Mohammed-Brahim & Garrigou, 2009 ; Romano, 2015). Les limites associées à la définition de valeurs seuils sont de deux ordres (Garrigou, 2011 ; Mohammed-Brahim & Garrigou, 2009). Les premières – d’ordre intrinsèque – font référence aux limites déjà mentionnées précédemment dans le cadre du contexte réglementaire encadrant la mise sur le marché des pesticides. En effet, les tests sont réalisés en laboratoire sur des animaux et sont le produit de nombreuses négociations sociales impliquant une diversité d’acteurs dont les intérêts peuvent être contradictoires. Les autres limites – d’ordre extrinsèque – concernent le manque de confrontation des tests réalisés aux conditions réelles de travail. Les valeurs seuils sont définies dans un cadre contrôlé où les tests

ne s'intéressent qu'à une seule substance et une seule voie de pénétration (Garrigou, 2011 ; Mohammed-Brahim & Garrigou, 2009 ; Romano, 2015). Les conditions de réalisation de ces tests ne reflètent pas le travail où les incidents, les variabilités et les modes dégradés s'avèrent pourtant pertinents pour appréhender la complexité des situations (Garrigou, 2011 ; Garrigou & Peissel-Cottenaz, 2008 ; Mohammed-Brahim & Garrigou, 2009). Les différentes barrières ainsi intercalées dans le cadre de ce modèle par écrans ne permettent pas d'identifier et d'agir sur la diversité des déterminants impliqués dans les situations d'exposition à des substances chimiques (Mohammed-Brahim & Garrigou, 2009).

Les connaissances produites par l'ergotoxicologie vont alors alimenter un processus de confrontation avec les connaissances produites par les sciences expérimentales et les modèles technico-réglementaires (Garrigou, 2011, 2021).

### 5.3.2. Un modèle de confrontations hétérogènes de connaissances

Différentes sortes de connaissances sont produites quant à la prévention des situations d'exposition à des substances chimiques : les connaissances produites par l'ergotoxicologie, les connaissances produites par les sciences expérimentales – en particulier la toxicologie – et les connaissances issues des modèles technico-réglementaires (Garrigou, 2011, 2021). Compte tenu des limites associées aux modèles de l'exposition proposés par les méthodes expérimentales, Garrigou (2011) souligne que les connaissances produites par l'ergotoxicologie alimentent des « *confrontations hétérogènes* » avec les connaissances produites par ces modèles (p. 102). Initialement proposé par Daniellou (1992), le modèle de confrontations hétérogènes de connaissances vise à rendre compte de l'intérêt – pour l'ergonomie – de produire des interprétations générales à la suite d'interprétations particulières. Contrairement aux connaissances produites par les sciences expérimentales, les interprétations générales conservent leur validité au regard de leur capacité à servir la compréhension de situations particulières et à opérer des transformations (*ibid.*). En ergotoxicologie, de nombreuses connaissances ont permis de produire des interprétations générales issues des analyses de situations présentant des expositions à des substances chimiques (Garrigou, 2011, 2021). Elles viennent alors alimenter les confrontations hétérogènes avec les connaissances produites par les sciences expérimentales – elles-mêmes traduites au travers de modèles appliqués d'aide à

la décision (*ibid.*). C'est à ce niveau que Garrigou (2011) fait évoluer le modèle initialement proposé par Daniellou (1992) (cf. Figure 17).

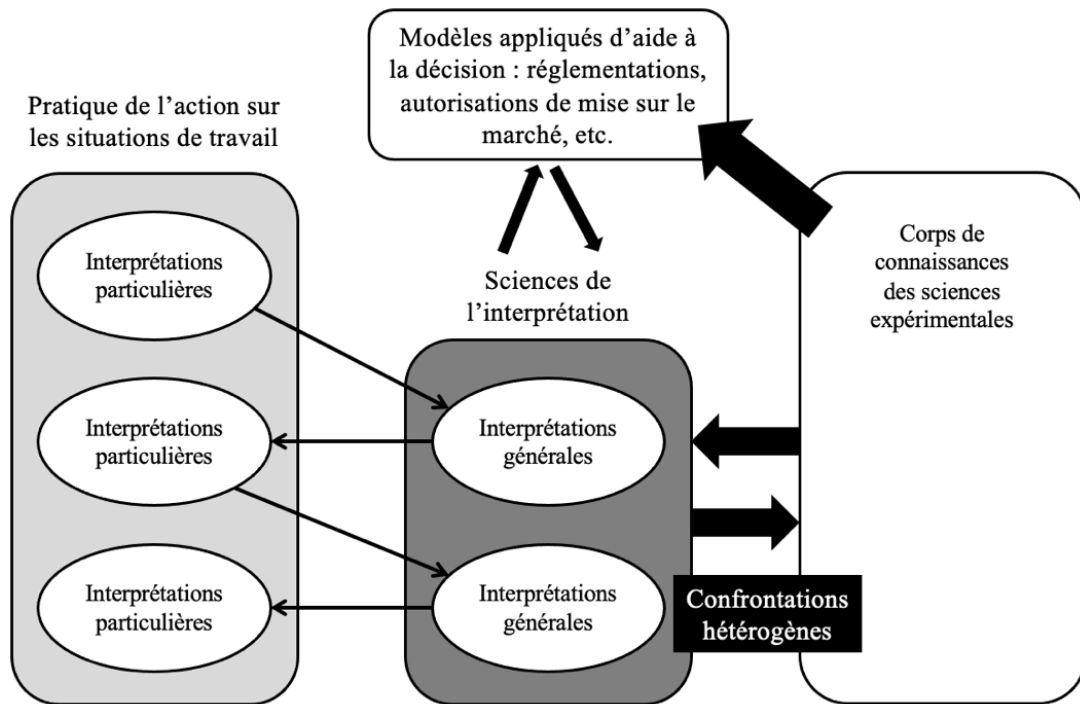


Figure 17 – Les confrontations hétérogènes produites par l'ergotoxicologie (Garrigou, 2011, p. 102)

Les connaissances issues des modèles technico-réglementaires se révèlent déterminantes en raison de leur capacité à orienter les actions des autorités publiques (Garrigou, 2011). À ce niveau, nous pouvons faire référence aux éléments développés dans le cadre du contexte de la recherche quant aux limites associées aux sources juridiques encadrant la mise sur le marché des pesticides et leur utilisation en matière de santé et de sécurité.

Les connaissances produites par l'ergotoxicologie – contrairement à celles produites par les sciences expérimentales et issues des modèles technico-réglementaires – accordent une importance particulière à la complexité des situations de travail présentant des expositions à des substances chimiques (*ibid.*).

## 5.4. Résoudre l'énigme de l'exposition aux substances chimiques

### 5.4.1. L'exposition : une énigme

Selon Galey (2019), il existe – en fonction des approches – une diversité de manière d'appréhender et de caractériser l'exposition. Par exemple, l'approche hygiéniste caractérise

l'exposition en fonction du polluant présent dans l'environnement de travail. L'ergotoxicologie caractérise quant à elle l'exposition en décrivant les activités qui se déroulent dans la situation en présence du polluant (Galey, 2019). Cette pratique particulière de l'ergonomie a alors tendance à envisager l'exposition à la manière d'une énigme. En effet, en raison de la diversité des déterminants impliqués, les situations d'exposition aux substances chimiques sont considérées comme des énigmes qu'il faut tenter de résoudre pour agir en prévention (Garrigou, 2011). Selon Garrigou et Guichard (2017), « *les expositions résultent de schémas de causalités complexes où s'enchaînent et se combinent des déterminants de différentes natures* » (p. 3).

Le caractère énigmatique des situations d'exposition à des substances chimiques s'accroît en raison des compromis réalisés par les travailleurs au cours de leur activité. Parmi les points de repère essentiels à la compréhension des situations d'exposition aux substances chimiques, Sznalwar (1992) soulignait déjà la présence de ces compromis : « *Les producteurs et les salariés agricoles possèdent une représentation du risque sanitaire encouru par l'exposition aux biocides, mais, même ainsi, les mesures d'hygiène et de protection prescrites sont difficilement respectées. En réalité, ils sont obligés d'établir certains types de compromis en tenant compte de leur représentation du risque, des exigences de la production, des difficultés pour exécuter la tâche en question et de la nécessité de conserver leur emploi ou de se maintenir dans leur profession.* » (p. 122). Entre activité productive et activité de protection, ces compromis peuvent se révéler plus ou moins coûteux pour la santé (Albert *et al.*, à paraître). En effet, « *si ces deux activités ne peuvent être priorisées ou si l'une d'entre elles est priorisée au détriment de l'autre, cela permet de mettre en visibilité le manque de possibilités pour les travailleurs de se maintenir en santé tout en respectant les objectifs fixés* » (*ibid.*). C'est également ce qu'a pu mettre en visibilité Goutille (2022) dans le cadre de sa thèse sur la prévention du risque pesticides en milieu viticole : « *la dimension productive de l'activité de travail peut contribuer à la construction et au maintien d'une représentation distanciée du risque pesticides chez les professionnels viticoles. [...] les enjeux de production qui entourent les personnes en activité viennent limiter leur mobilisation contre les potentiels effets toxiques des produits phytopharmaceutiques qu'ils utilisent* » (p. 473). La compréhension de ces compromis et le caractère énigmatique de l'exposition doivent également tenir compte de la particularité du risque chimique – qualifié de « *contrainte masquée* » par Mohammed-Brahim (2009, p. 54). En effet – rarement identifiables immédiatement en comparaison, par exemple, au bruit ou à la chaleur – les substances chimiques ne constituent pas « *au moins en apparence, un déterminant notable des compromis que met en place l'opérateur avec les exigences de la*

tâche, du point de vue du contact éventuellement dangereux avec des substances toxiques » (Mohammed-Brahim, 2009, p. 54). Ce phénomène est d'autant plus accentué que les effets associés peuvent être différés (Mias *et al.*, 2013 ; Thébaud-Mony, 2012).

#### 5.4.2. Les déterminants de l'activité

Le système de déterminants associé aux situations d'exposition à des substances chimiques est complexe (Garrigou & Guichard, 2017). De ce fait, la notion de « *déterminants* » se révèle être décisive. En ergonomie, il est largement admis que les déterminants conditionnent l'activité (Guérin *et al.*, 2006 ; Rabardel *et al.*, 1998 ; St-Vincent *et al.*, 2011). En effet, « un déterminant de l'activité est un élément de la situation de travail qui est à l'origine de la façon dont la personne pourra réaliser son activité » (St-Vincent *et al.*, 2011, p. 43). En ce sens, l'activité de travail possède une fonction intégratrice par sa capacité à organiser et structurer un ensemble très vaste de déterminants (Guérin *et al.*, 2006).

Il existe trois sortes de déterminants : les déterminants techniques, les déterminants organisationnels et les déterminants humains (Bellemare *et al.*, 2002 ; Garrigou, 2011 ; Mohammed-Brahim & Garrigou, 2009). Garrigou (2011) propose un modèle simplifié des déterminants de l'activité (*cf.* Figure 18).

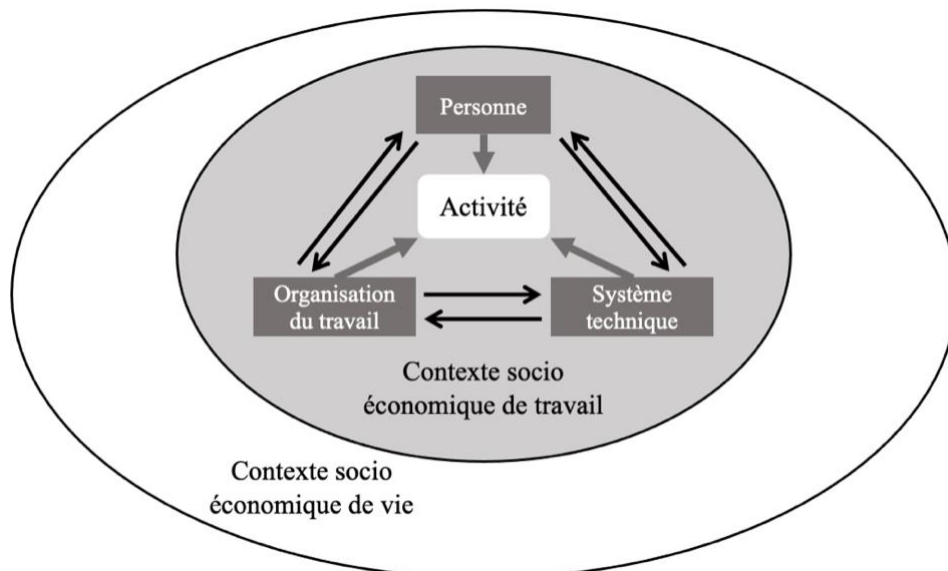


Figure 18 – Un modèle simplifié des déterminants de l'activité (Garrigou, 2011, p. 46)

Les déterminants techniques et organisationnels sont qualifiés d'externes alors que les déterminants humains sont qualifiés d'internes. Ces derniers – propres au sujet – se rapportent

à l'expérience, aux compétences, aux savoir-faire de prudence, aux représentations, aux capacités physiques, aux antécédents médicaux, etc. Les déterminants techniques correspondent aux différentes composantes du système comme les espaces de travail, les procédés, les outils, les équipements, les substances chimiques utilisées, les ambiances physiques de travail, les EPI, etc. Quant aux déterminants organisationnels, ils représentent les diverses formes d'organisation du travail. Nous pouvons citer les horaires, les consignes de sécurité, la composition des équipes, etc.

Dans une situation de travail, il n'est pas rare qu'un déterminant subisse l'influence d'un ou d'autres déterminants. Par exemple, dans le cadre de notre travail, le pulvérisateur est un déterminant technique des activités de traitement, lui-même déterminé par les activités de conception, elles-mêmes déterminées par la réglementation dont elles doivent tenir compte. [St-Vincent et al. \(2011\)](#) soulignent l'importance d'identifier « *les déterminants des déterminants* » (p. 169) et plusieurs auteurs s'accordent à parler de « *chaîne de déterminants* » ([Bellemare et al., 2002, p. 6](#) ; [St-Vincent et al., 2011, p. 44](#)). En effet, « *un déterminant est souvent lui-même déterminé par une série d'autres éléments qui constituent alors une chaîne de déterminants ou un ensemble de déterminants qui interagissent entre eux* » ([St-Vincent et al., 2011, p. 44](#)).

Les déterminants impliqués dans les situations de travail sont divers et relèvent d'une pluralité d'acteurs plus ou moins éloignés de ces situations ([Albert et al., à paraître](#) ; [Bellemare et al., 2002](#) ; [Garrigou, 2011](#) ; [St-Vincent et al., 2011](#)) accentuant alors le caractère énigmatique de l'exposition.

#### 5.4.3. L'activité sous dépendance d'une diversité d'acteurs

Comme le souligne [Garrigou \(2011\)](#), « *la prévention est un système complexe, multi acteurs, multilogiques (technique, réglementaire, économique, etc. et parfois en contradiction les unes par rapport aux autres) et qui articule des temporalités différentes. Dans ce contexte, l'efficacité réelle des solutions de prévention dépend d'un grand nombre de déterminants fortement inter-reliés mais qui la plupart du temps ne sont pas articulés. En effet, les connaissances en matière d'analyse et d'évaluation des risques et des expositions, en matière de développement technique ou organisationnel, mais aussi en matière de savoir-faire professionnel et de savoir-faire de prudence ne sont pas portées par les mêmes acteurs. Nous verrons que bien souvent ces acteurs collaborent peu, voire se renvoient des responsabilités*



*lorsque des difficultés sont rencontrées : ceci contribue à minima à un faible partage des connaissances voire à bloquer la transmission de certaines informations essentielles » (p. 13).*

Dans le cadre des situations d'exposition aux pesticides dans le secteur agricole, [Garrigou \(2011\)](#) met justement en visibilité la diversité des acteurs à l'origine des déterminants de l'activité des agriculteurs (cf. Figure 19).

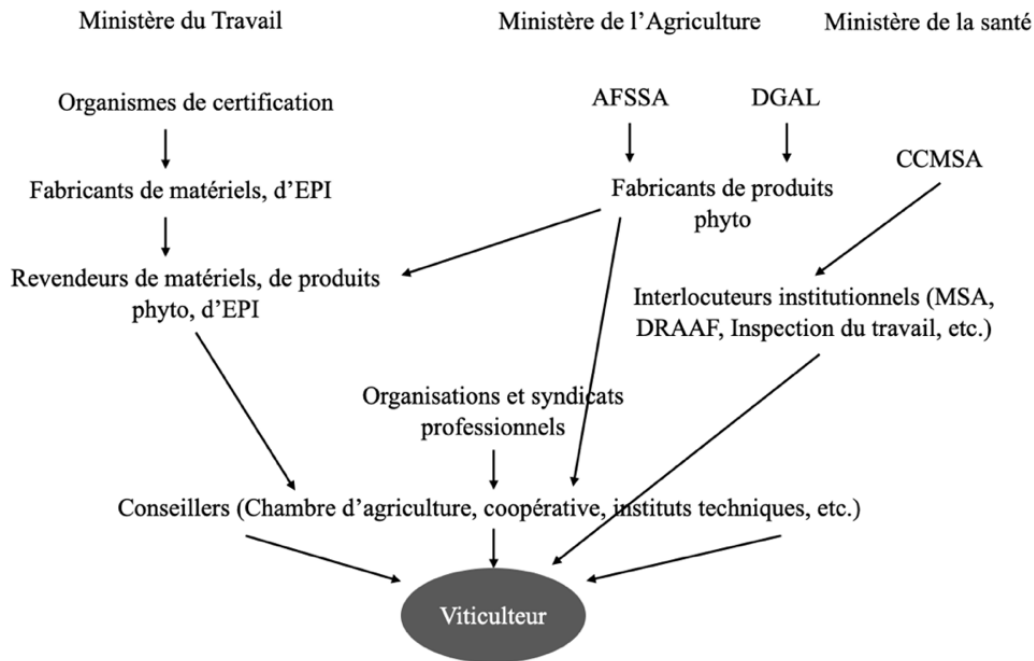


Figure 19 – L'activité des agriculteurs, une pratique sous dépendance ? ([Garrigou, 2011, p. 109](#))

Cette diversité tend à rendre complexe l'activité des agriculteurs : *« cette diversité de conseillers, porteurs d'enjeux spécifiques voire contradictoires et les exigences réglementaires de plus en plus complexes, ont pu contribuer à une fragmentation des compétences alors tenues par l'exploitant agricole ou par quelques personnes expérimentées »* ([Garrigou, 2011, p. 109](#)).

D'un point de vue plus général, [Gilbert \(2003\)](#) souligne effectivement que la prise en compte des risques relève d'une multitude et d'une variété d'acteurs : *« [...] les risques, comme l'ensemble des problèmes publics, résultent d'une "production", d'une "construction" étroitement associée aux jeux de multiples et différents acteurs, à la nature et l'intensité de leurs liens et interactions. Les acteurs pris en compte ne se réduisent pas à quelques entités homogènes, auxquelles sont attribuées des logiques univoques et tout ne s'organise pas autour d'une seule scène, autour d'une seule confrontation entre deux catégories d'acteurs »* (p. 66). Dans le cadre de ses travaux sur les activités de tri des déchets, [Boudra \(2017, 2019\)](#) envisage la prévention comme une activité distribuée entre une diversité d'acteurs. Rendu possible par une analyse systémique et multiscalaire, ce constat permet de *« mieux saisir le caractère*



*hétérodéterminé de l'activité humaine* » (Boudra, 2019, p. 71) en considérant alors les déterminants comme le « *résultat du travail d'autrui* » (Boudra, 2019, p. 85). Cette auteure a alors caractérisé la diversité des acteurs ayant une influence sur les activités de tri des déchets et sur les conditions de travail aux échelles macro (réglementations), méso (groupes d'entreprises) et micro (entreprise). Même si l'ergonomie s'intéresse de plus en plus à des niveaux de déterminants plus larges (Daniellou, 2008), les macrodéterminants sont rarement investigués (Van Belleghem *et al.*, 2011). Ce phénomène se traduit par une sorte de fatalisme quant à la difficulté de viser des transformations à cette échelle. Pour autant, cibler ces macrodéterminants s'avère pertinent pour penser une prévention plus globale (Garrigou, 2011 ; Goutille, 2022 ; Van Belleghem *et al.*, 2011). La démarche d'intervention en ergotoxicologie vise alors à articuler des niveaux d'analyse macroscopique et microscopique (Mohammed-Brahim *et al.*, 2003).

#### 5.4.4. La démarche d'intervention en ergotoxicologie

Les énigmes relatives aux conditions d'exposition à des substances chimiques ne peuvent être résolues de manière isolée. Afin de mieux appréhender ces énigmes, l'ergotoxicologie propose une démarche d'intervention basée sur la transdisciplinarité et l'articulation de données objectives et subjectives (Garrigou, 2011 ; Garrigou *et al.*, 2004). En effet, comme le souligne Garrigou (2011), « *les déterminants de l'exposition des travailleurs à des risques professionnels constituant une énigme, celle-ci n'est accessible par les opérateurs, l'encadrement de l'entreprise ou bien par les préventeurs que de manière fragmentée. Cet aspect énigmatique de l'exposition aux risques peut conduire l'ensemble des acteurs à des représentations contrastées, voire contradictoires en tous les cas incomplètes. Dans ce contexte, aucun des préventeurs ou acteurs de la prévention ne peut prétendre à lui seul formuler l'énigme puis la traiter de manière efficace. Lorsque de telles énigmes résistent aux actions des préventeurs, une approche transprofessionnelle devient nécessaire. Il est alors fondamental d'articuler des démarches objectives et subjectives mobilisant des connaissances scientifiques mais aussi des connaissances locales portées par les travailleurs dans les situations de travail, mises en lumière par l'analyse ergonomique du travail* » (p. 50).

Les connaissances locales sont issues de l'analyse ergonomique permettant de mettre en visibilité la complexité inhérente aux situations de travail présentant des expositions à des substances chimiques. En effet, il s'agit de rendre compte des variabilités, des modes dégradés,

des incidents, des savoir-faire de prudence développés par les travailleurs, des représentations qu'ils ont des risques, des savoir-faire d'usage des systèmes techniques, etc. À ce niveau, il convient de souligner l'importance de considérer les travailleurs comme des experts de leur exposition. En effet, ils se révèlent être des acteurs essentiels à la compréhension des situations d'exposition à des substances chimiques. La mise en œuvre de dispositifs spécifiques tels que les entretiens d'autoconfrontation simple (Mollo & Falzon, 2004) est alors nécessaire afin de viser l'énonciation, l'explicitation de leurs perceptions, de leurs représentations des risques et de leurs connaissances empiriques très fines sur les dangers rencontrés (Judon, 2017 ; Mohammed-Brahim, 2009). Les données subjectives récoltées (représentations, construction identitaire, etc.) doivent être articulées avec des démarches objectives (mesures, métrologies adaptées, fréquence cardiaque, etc.). De ce fait, l'analyse ergonomique du travail doit être associée à une métrologie opérationnelle rendue possible par l'apport de connaissances toxicologiques (caractérisation des substances d'un point de vue physicochimique, modalités d'exposition, de contamination, etc.) (Galey *et al.*, 2019, 2020 ; Garrigou, 2011 ; Goutille, 2022 ; Jolly, 2022 ; Judon *et al.*, 2015, 2019 ; Mohammed-Brahim *et al.*, 2003). En raison de la particularité du risque chimique, cette méthodologie s'avère d'autant plus pertinente. Elle permet par exemple – grâce à la technique de vidéo exposure monitoring (VEM) – d'associer des pics d'exposition à des phases d'activité (Galey *et al.*, 2019). À l'aide de l'outil CAPTIV, il est alors possible de coupler la vidéo aux mesures d'exposition réalisées en temps réel et à un codage de l'activité (*cf.* Figure 20). Le couplage de données qualitatives et quantitatives permet de rendre visible le travail réel, alors nécessaire à la compréhension des situations d'exposition (Galey *et al.*, 2019, 2020 ; Jolly *et al.*, 2021 ; Judon *et al.*, 2019).



Figure 20 – Capture d'écran du logiciel CAPTIV illustrant une tâche de tassage de sac réalisé par un opérateur dans l'entreprise de peinture routière et une augmentation associée de l'exposition (Galey *et al.*, 2019, p. 10)

Au-delà de l'engagement transdisciplinaire nourri par l'analyse de l'activité (Garrigou, 2011), la résolution de l'énigme nécessite d'intégrer les travailleurs dans la démarche et de mettre en place une construction sociale avec la diversité des acteurs concernés, ceci afin d'alimenter la compréhension et la transformation des situations d'exposition (Garrigou *et al.*, 2004). Dans le cadre de son travail de thèse sur les travaux de revêtements routiers, Judon (2017) a permis la prise en compte croisée des représentations du travail de différents acteurs pour envisager la construction de nouvelles pistes de prévention. Dans une démarche centrée sur l'activité réelle de travail, l'utilisation d'un objet intermédiaire s'est révélée pertinente en raison de sa capacité à médier les interactions entre les différents acteurs mobilisés. L'objet intermédiaire a fait émerger un espace intermédiaire de dialogue en passant d'un collectif de production à un collectif de prévention. De ce fait, Judon (2017) précise que « *la prévention des risques professionnels doit ainsi être regardée comme une énigme à formuler collectivement par les différents acteurs qui y concourent : décideurs, encadrement, préventeurs, médecins du travail et opérateurs* » (p. 300). Favoriser les confrontations des points de vue et les échanges d'informations en lien avec le travail permet de viser une prévention qui s'élabore à partir d'un « *référentiel opératif commun* » (Trinquet, 2009, p. 85). Dans ce contexte, l'expérience de l'opérateur doit avoir le même statut que la connaissance de l'expert (Trinquet, 2009) puisqu'il s'agit aussi « *de permettre aux travailleuses et travailleurs d'être pleinement acteurs de leur propre démarche de prévention* » (Garrigou, 2011, p. 50).

La démarche d'intervention se poursuit par la mise en place d'actions à différents niveaux (technique, organisationnel et humain) afin de transformer les situations présentant des expositions à des substances chimiques (Garrigou, 2011 ; Mohammed-Brahim, 2015b ; Mohammed-Brahim & Garrigou, 2009, 2018). En somme, « *l'ergotoxicologie peut être aujourd'hui définie comme un modèle de prévention du risque chimique par la conjugaison d'interventions techniques, organisationnelles et humaines capables d'agir sur les déterminants de la situation d'exposition révélés par l'analyse de l'activité de travail et les connaissances issues de la toxicologie* » (Mohammed-Brahim & Garrigou, 2018, p. 372). Le modèle d'intervention en ergotoxicologie, proposé par Mohammed-Brahim (2015b), fait l'objet de la figure ci-après (*cf.* Figure 21, p. 119).

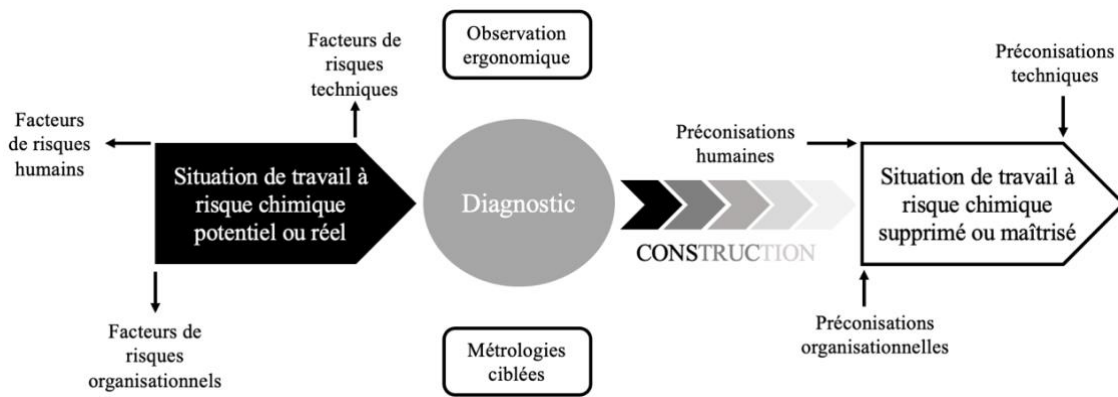


Figure 21 – Modèle d'intervention en ergotoxicologie (Mohammed-Brahim, 2015b, p. 106)

L'identification de la diversité des déterminants impliqués dans les situations d'exposition à des substances chimiques permet d'envisager des actions de transformation à plusieurs niveaux (Albert *et al.*, à paraître ; Garrigou, 2011 ; Mohammed-Brahim & Garrigou, 2009 ; St-Vincent *et al.*, 2011).

#### 5.4.5. Une action à différents niveaux

Chacun des déterminants identifiés devient une cible de transformation des situations de travail (Bellemare *et al.*, 2002 ; St-Vincent *et al.*, 2011). En ce sens, une articulation est nécessaire entre les différentes échelles de déterminants et plus spécifiquement entre les différents acteurs en charge de la conception de ces déterminants. Plusieurs auteurs s'accordent alors à montrer l'intérêt de réfléchir aux conditions à réunir pour favoriser la coordination, la coopération et la création d'espaces d'échanges entre ces différents acteurs (Boudra, 2019 ; Boudra *et al.*, 2016 ; Boudra & Delecroix, 2012 ; Judon, 2017 ; Van Belleghem *et al.*, 2011).

En considération de ces différents enjeux, nous avons proposé un cadre d'intervention en ergotoxicologie afin de développer le pouvoir d'agir et la marge de manœuvre des acteurs concernés de près ou de loin par les situations d'exposition à des substances chimiques (Albert *et al.*, à paraître). En raison du caractère énigmatique de ces situations, ce cadre vise à identifier la diversité des déterminants pouvant compromettre l'activité de protection. Pour les travailleurs, ces déterminants s'avèrent être plus ou moins visibles et/ou plus ou moins accessibles en raison de l'éloignement spatio-temporel des acteurs en charge de leur conception. Ainsi, pour penser des transformations plus globales des situations de travail, nous proposons un cadre d'analyse et d'intervention qui tend à porter le point de vue du travail réel (Duraffourg & Vuillon, 2004 ; Schwartz, 1999 ; Teiger, 1993) auprès de l'ensemble des acteurs

concernés – de près ou de loin dans l’espace ou dans le temps – par les situations de travail (Albert *et al.*, à paraître). Le cadre d’analyse et d’intervention que nous proposons est présenté ci-dessous (cf. Figure 22).

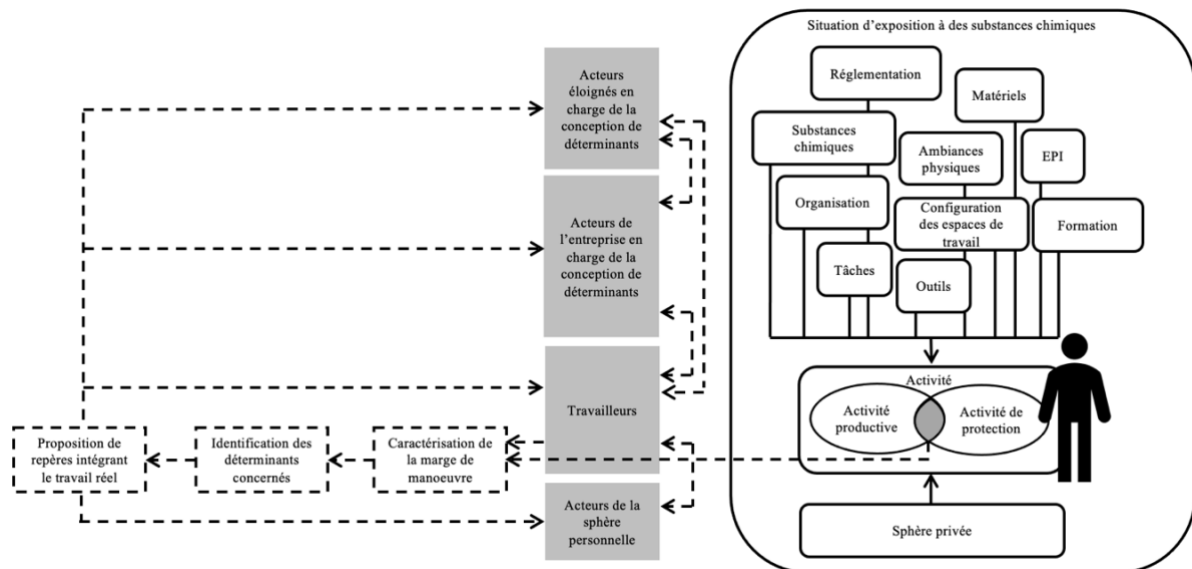


Figure 22 – Cadre d’analyse et d’intervention en ergotoxicologie pour le développement du pouvoir d’agir et de la marge de manoeuvre (Albert *et al.*, à paraître)

Identifier les différents niveaux de déterminants impliqués dans les situations d’exposition à des substances chimiques est essentiel pour rendre opérationnelles les solutions de prévention (Garrigou, 2011). Les leviers d’action ne doivent pas se limiter au comportement de la personne exposée (Garrigou & Guichard, 2017). En effet, « *par commodité, l’analyse des causes des expositions se focalise souvent sur la dernière cause, la plus immédiate, le geste qui provoque l’exposition, reportant sur la personne exposée et son comportement, la responsabilité finale de l’exposition et la charge de s’en prémunir (par la formation, par le port d’équipements individuels de protection, etc.)* » (*ibid.*, p. 3). À ce niveau, ce sont principalement les déterminants individuels qui font l’objet de cibles de transformation. Néanmoins, élargir l’identification des déterminants à des échelles plus éloignées des situations de travail permet d’améliorer la prévention. Comme le souligne Goutille (2022), « *l’analyse multiscalaire de l’activité de traitement nous permet d’envisager [...] une action ergonomique à différents niveaux de prise de décision pour contribuer à la prévention du risque pesticides et à son développement* » (p. 483). Les études menées depuis plusieurs années par Garrigou *et al.* (2008, 2011, 2012, 2020) ont par exemple permis de contribuer à des évolutions importantes concernant la mise en visibilité des limites associées au port des EPI.

Comme le soulignent Boudra et Delecroix (2012), s'intéresser aux différentes échelles de déterminants et aux acteurs en charge de leur conception amène à s'intéresser au concept de « *mondes professionnels* » développé par Béguin (2004a, 2007a, 2010). En effet, l'enjeu est de créer des passerelles entre différents mondes professionnels pour garantir la réussite des projets (Garrigou, 2011). En ce sens, Judon (2017) a mis en visibilité l'intérêt de mobiliser des objets intermédiaires afin de favoriser le dialogue entre une diversité d'acteurs pour ainsi « *faire œuvre commune de prévention* » (p. 302).

## Chapitre 6. L'approche instrumentale

L'Homme sain est celui qui ne subit pas les contraintes du milieu mais qui est capable de le modifier pour y affirmer ses propres normes (Canguilhem, 1966). Eu égard à cette approche de la santé, Béguin (2010) souligne que « *l'activité de travail, témoigne toujours d'un écart inventif par rapport aux normes sociales existantes* » (p. 81). L'approche instrumentale – développée initialement par Rabardel (1995, 2005) puis étudiée par divers auteurs tels que Béguin (2010, 2013), Bourmaud (2006, 2013) et Folcher (2003) – représente une occasion de mettre en visibilité ces écarts inventifs. Aujourd'hui, les approches en conception sont principalement centrées sur la technique avec un recours important aux normes, ce qui ne permet pas de tenir compte de l'activité réelle de travail des utilisateurs. Il apparaît pertinent d'articuler ces approches à une approche centrée sur l'Homme et son activité (§6.1). Cette approche – dite « *anthropocentrée* » – est l'occasion de comprendre les rapports qu'entretiennent les individus avec les technologies qu'ils utilisent. Au cours de l'activité, ces technologies sont en réalité des instruments dès lors qu'elles deviennent un moyen d'action pour les travailleurs (§6.2). Le passage de la technologie à l'instrument relève de processus bien particuliers : les genèses instrumentales. À la fois orientés vers l'artefact et vers le sujet, ces processus présentent un intérêt particulier en raison de leur capacité à mettre en évidence la contribution des utilisateurs à la conception (§6.3).

### 6.1. Limites des approches technocentrée et normative en conception

#### 6.1.1. L'approche technocentrée en conception

Qu'il s'agisse de machines agricoles, de machines industrielles, d'espaces de travail ou de tout autre outil, il est fréquemment avancé qu'il existe un réel défaut de prise en compte de l'activité des utilisateurs dans les processus de conception. En effet, les solutions proposées en conception sont principalement orientées sur la technique et non l'activité, ce qui ne permet pas de répondre aux besoins réels des utilisateurs (Béguin & Rabardel, 2000 ; Rabardel, 1995). Cette approche, dite « *technocentrée* », où la technique est première, tend souvent à privilégier des solutions où les contraintes liées à l'activité de travail ne sont pas suffisamment prises en compte (Béguin, 2004b, 2007b ; Béguin & Cerf, 2004 ; Béguin & Rabardel, 2000 ; Garrigou *et al.*, 2001). Les objets conçus sont avant tout réfléchis et considérés comme des propositions



techniques (Bourmaud, 2013) et « *les concepteurs se représentent le plus souvent l'opérateur humain comme un élément peu efficace et fiable des systèmes* » (Johnson & Wilson, 1988, cité par Rabardel, 1995, p. 11). Les concepteurs ont une faible connaissance des conditions réelles de travail et du fonctionnement de l'Homme, ce qui ne leur permet pas d'appréhender la complexité des situations et des stratégies mises en place par les travailleurs (Daniellou, 1987 ; Wisner, 1990). Les concepteurs se réfèrent principalement à leurs propres expériences et connaissances du comportement probable des utilisateurs qui peuvent alors s'avérer erronées ou partielles (Darses & Wolff, 2005 ; Lamonde *et al.*, 2008). Par exemple, pour la conception d'outils de pilotage des cultures mis à disposition des agriculteurs, Cerf et Meynard (2006) soulèvent l'existence d'un décalage entre les usages des outils et les représentations qu'en ont les concepteurs. Par exemple, les concepteurs ont tendance à se représenter l'activité décisionnelle à un seul décideur alors qu'en réalité cette activité est distribuée.

Dans le cadre d'une approche technocentrée, la place donnée à l'Homme et à son activité est alors résiduelle (Rabardel, 1995 ; Teiger, 1993) : « *La voie qui consiste à réorganiser les tâches avec l'objectif que les résultats ne dépendent plus de l'opérateur, cette voie souvent suivie et que la puissance contemporaine de la machinerie permet toujours plus d'imaginer comme une voie royale, consiste à regarder l'activité humaine comme un résidu.* » (Clot, 1992, cité par Rabardel, 1995, p. 10). En conception, « *representations of use – correct or false, rich or poor, partial or complete – play a decisive role in choosing a solution* »<sup>137</sup> (Darses & Wolff, 2005, p. 1). Les solutions proposées font généralement preuve d'écueils en matière de sécurité, ce qui peut avoir un impact sur la santé des travailleurs (Wisner, 1990) les amenant aussi parfois à prendre des risques (Albert *et al.*, 2021 ; Béguin & Cerf, 2004 ; Garrigou *et al.*, 2004 ; Garza & Fadier, 2004).

Si l'activité est insuffisamment prise en compte au cours des processus de conception, il est important de mentionner la complexité pour les concepteurs à anticiper la diversité des travailleurs, des situations et donc des futures activités d'usage (Béguin, 2004b ; Béguin & Cerf, 2004 ; Bourmaud, 2006, 2013). Comme le soulignent Goel et Pirolli (1989), au cours des processus de conception, les problèmes tendent à être larges et complexes, d'autant plus qu'ils s'inscrivent dans une temporalité paradoxale. Au début d'un projet de conception, les

---

<sup>137</sup> « *Les représentations de l'usage – correctes ou fausses, riches ou pauvres, partielles ou complètes – jouent un rôle décisif dans le choix d'une solution.* » [Notre traduction]



possibilités d'action sont nombreuses alors que les connaissances relatives à la situation future sont faibles, voire nulles. Au fur et à mesure que le projet de conception avance, les possibilités d'action diminuent alors que les connaissances sur la situation future se voient augmentées. En somme : « Au début d'un projet on peut tout faire mais on ne sait rien, à la fin on sait tout mais les capacités d'action sont réduites. » (Midler, 1996, cité par Bourmaud, 2006, pp. 53-54) (cf. Figure 23).

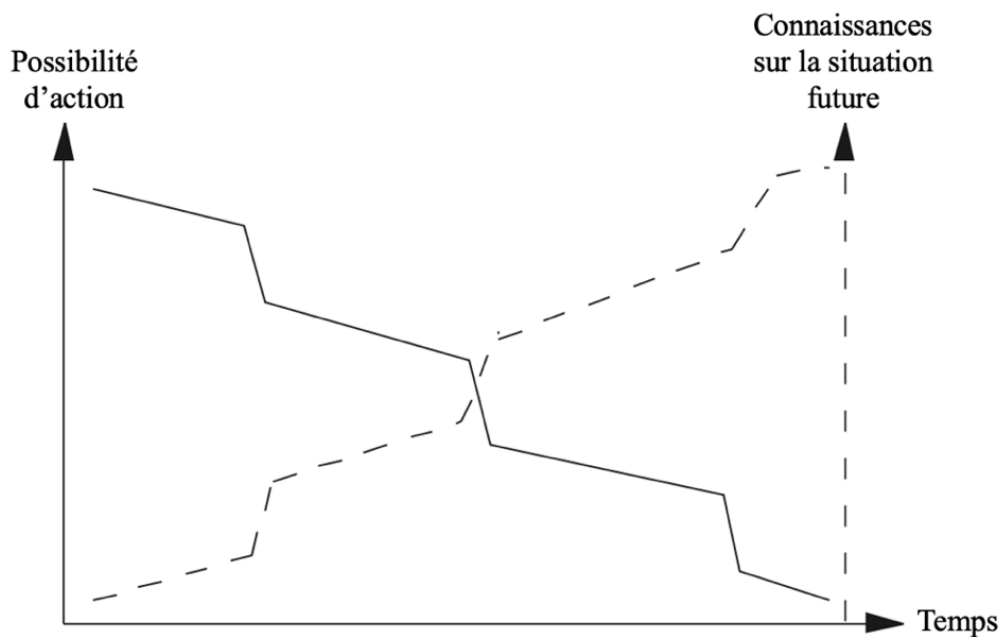


Figure 23 – La temporalité des situations de conception  
(Midler, 1996, cité par Béguin, 2004b, p. 379)

La complexité associée à la temporalité des processus de conception s'accroît du fait de la diversité des contraintes (qualité, budget, délais, etc.) dont les concepteurs doivent tenir compte (Darses, 1994 ; Darses *et al.*, 2004 ; Garrigou, 1992). Du fait de ces différentes contraintes, les retards et les dépassements de budgets sont fréquents au cours des projets (Barcellini *et al.*, 2013). De plus, les concepteurs doivent faire preuve d'une forte réactivité en raison des enjeux liés à l'innovation (Darses *et al.*, 2004). En somme, le processus de conception peut être caractérisé, comme le souligne Garrigou (1992), comme « un processus de prises de décisions multicontraîntes » (p. 40). La multiplicité des contraintes est aussi liée à la diversité des acteurs impliqués dans la conception. Même s'il est nécessaire d'impliquer des acteurs divers aux compétences différentes pour résoudre les problèmes (Goel & Pirolli, 1989), la prise en compte des objectifs et des critères de chaque acteur peut s'avérer complexe (Bonnardel, 1999). Des efforts de synchronisation doivent alors être fournis au cours des activités de conception. Darses et Falzon (1996) différencient la synchronisation cognitive – qui nécessite la définition d'un

référentiel opératif commun – et la synchronisation opératoire – qui relève de la répartition des tâches et du séquençement des actions à réaliser.

En raison de ces différentes contraintes et difficultés, la compréhension et la prise en compte du travail réel occupent une place secondaire. Dans ce contexte, les solutions techniques proposées tendent à prescrire des usages qui incitent les utilisateurs à s'adapter à ces solutions (Béguin, 2010 ; Wisner, 1990 ; Wisner & Marcellin, 1971). Ce phénomène s'accroît dès lors que les concepteurs ont recours à un ensemble de normes techniques proposant des préconisations issues de méthodes expérimentales.

### 6.1.2. L'approche normative en conception

Les normes utilisées en conception pour intégrer des préconisations relatives à l'ergonomie sont principalement issues du courant *Human Factors*. Les connaissances produites par ce courant relèvent de travaux expérimentaux menés de façon décontextualisée des situations de travail afin de proposer des recommandations générales basées sur des mesures objectives et quantitatives (Guérin *et al.*, 2021 ; Teiger, 1993 ; Zare, 2022). Ces recommandations présentent des limites en raison de leur capacité à produire des connaissances dans des conditions déterminées, contrôlées et généralisables d'un individu à l'autre : « *Ce que les physiologistes depuis Claude Bernard entendent par des phénomènes normaux, ce sont des phénomènes dont l'exploration permanente est possible grâce à des dispositifs de laboratoire et dont les caractères mesurés se révèlent identiques à eux-mêmes pour un individu donné, dans des conditions données, et à quelques écarts d'amplitude définie près, identiques d'un individu à l'autre dans des conditions identiques. Il semblerait donc qu'il y ait une définition possible du normal, objective et absolue, à partir de quoi toute déviation au-delà de certaines limites serait logiquement taxée de pathologique. En quel sens l'étalonnage et la mensuration de laboratoire sont-ils dignes de servir de norme pour l'activité fonctionnelle du vivant pris hors du laboratoire ?* » (Canguilhem, 1966, p. 121). Dans cette perspective, les possibilités des individus ont alors tendance à être sous-estimées : « *On nous accordera d'abord que la détermination des constantes physiologiques, par construction de moyennes expérimentalement obtenues dans le seul cadre du laboratoire, risquerait de présenter l'homme normal comme un homme médiocre, bien au-dessous des possibilités physiologiques dont les hommes en situation directe et concrète d'action sur eux-mêmes ou sur le milieu sont évidemment capables, même aux yeux les moins scientifiquement informés.* » (*ibid.*, p. 139).

Les préconisations ainsi produites dans des conditions expérimentales – s’inscrivant dans une dynamique de « *one best way* » (Teiger, 1993) – sont exemptes de la complexité des situations de travail et du fonctionnement multidimensionnel de l’Homme (Daniellou, 2001).

Daniellou et Béguin (2004) rappellent toutefois que les normes utilisées en conception ont permis des progrès importants en raison de leur capacité à fournir des préconisations générales. En effet, elles permettent de corriger des erreurs en amont des projets dès lors qu’il s’agit de concevoir des espaces de travail, des zones d’atteinte ou encore des postures à risque (Bernard *et al.*, 2020 ; Guérin *et al.*, 2021 ; Rabardel *et al.*, 2014 ; Wisner, 1990). Dans ce contexte, il convient de souligner que les normes techniques présentent un intérêt puisqu’elles permettent tout de même aux concepteurs d’intégrer des principes ergonomiques au cours du processus de conception (Daniellou & Béguin, 2004 ; Wisner, 1990). En ergonomie, il existe une diversité de normes élaborées aux niveaux international (ISO), européen (CEN) ou national (AFNOR) (Cholat, 2004). D’une part, nous pouvons citer des normes générales telles que la norme ISO 26800, relative à l’approche générale, aux principes et aux concepts de l’ergonomie ou la norme ISO 8996, relative à l’environnement thermique. Et, d’autre part, il existe des normes plus spécifiques appartenant à des domaines techniques particuliers comme la norme EN 614-2 relative à la sécurité des machines en matière de principes ergonomiques de conception.

Toutefois, différents auteurs s’accordent à souligner l’importance de rester vigilant quant à l’utilisation des normes et leur validité (Daniellou & Béguin, 2004 ; Wisner, 1990). Comme le souligne Wisner (1990), « *l’ensemble des considérations précédentes sur la diversité et les variations des opérateurs et de leurs tâches montre s’il en était besoin que les normes ergonomiques peuvent être utiles, mais qu’une vue normative des activités de travail est une erreur dangereuse quand il s’agit de concevoir un système de production ou un produit à moins que le nouveau système, le nouveau produit ne soient extrêmement voisins des précédents, ce qui est très fréquent malgré les apparences. Encore faudrait-il que les quelques détails qui distinguent les dispositifs nouveaux des anciens ne soient pas critiques du point de vue ergonomique* » (p. 34). De plus, les normes ont tendance à isoler « *un facteur de l’ensemble de la situation de travail, ce qui peut conduire à ne pas traiter les combinaisons de facteurs, et à introduire de nouveaux facteurs de risque* » (Daniellou & Béguin, 2004, p. 344). En 2004, le 39<sup>e</sup> congrès de la SELF – intitulé « *ergonomie et normalisation* » – a permis de relever certaines contradictions existant entre l’activité réelle de travail et les préconisations issues des normes techniques. Par exemple, Duarte *et al.* (2004) ont mis en évidence que les spécifications

techniques de la norme [ISO 11064](#), relative à la conception ergonomique des centres de commande, ne permettaient pas de tenir compte des spécificités liées aux activités en haute mer. En effet, les spécifications techniques de cette norme proposent des repères de conception utiles aux activités réalisées sur la terre ferme. De ce fait, pour la conception d'une salle de contrôle d'une plateforme de pétrole, ces spécifications ne permettent pas de tenir compte du mouvement des plateformes entraînant pourtant des répercussions importantes sur les conditions de travail. Dans le cadre de la conception des engins de déneigement, [Germain et al. \(2004\)](#) ont mis en évidence que les spécifications techniques de la norme [NF P98-792](#), relative à la position des commandes en cabine, ne permettaient pas de satisfaire aux exigences du travail réel. En effet, les spécifications préconisent l'implantation des boîtiers de commandes selon leur fréquence d'utilisation. Néanmoins, l'analyse de l'activité a mis en évidence que cette implantation ne correspondait pas aux besoins des conducteurs.

Les spécifications techniques dont doivent tenir compte les concepteurs peuvent représenter une autre source de complexité au cours des processus de conception. En effet, même si les normes permettent de développer des produits répondant aux exigences du marché, d'éviter la concurrence déloyale, de réaliser des économies d'échelle et de fournir aux utilisateurs une garantie en termes de qualité et de fiabilité ([Aubry-Caillaud, 2018](#) ; [Mione, 2017](#) ; [Sangaré et al., 2012](#)), les fabricants rencontrent des difficultés à utiliser les différentes sources juridiques et techniques ([Blaise et al., 2003](#) ; [Fadier et al., 2013](#) ; [Fadier & De la Garza, 2006](#) ; [Machenaud et al., 2014](#)). Des études menées auprès de fabricants de machines au Québec ont pu mettre en évidence qu'ils étaient fréquemment confrontés à des documents répétitifs et difficiles à interpréter ([Gauthier et al., 2021](#) ; [Sangaré et al., 2012](#)). Face à des normes lacunaires ou contradictoires, les concepteurs sont amenés à s'adapter ([Bouthinon-Dumas, 2019](#)) ce qui peut se traduire par des phénomènes de hiérarchisation et de priorisation dans l'application des normes ([Champeil-Desplats, 2019](#)).

Malgré les limites associées à l'utilisation des normes techniques en raison de leur validité et des difficultés rencontrées par les concepteurs, la prise en compte de la sécurité en conception passe essentiellement par le respect de ces normes ([Fadier & De la Garza, 2006](#)). Pour cette raison, il est opportun de privilégier des processus de conception qui tiennent compte de l'Homme et de son activité.

### 6.1.3. Pour une approche des techniques centrées sur l'Homme

L'approche technocentrée est aujourd'hui considérée comme étant dominante en conception alors qu'il existe un enjeu majeur à ce que celle-ci soit articulée à une approche dite « *anthropocentrée* » (Béguin & Rabardel, 2000 ; Rabardel, 1995). Et, il en est de même pour l'approche normative issue du courant *Human Factors* (Zare, 2022).

Dans le cadre de la conception, Canguilhem (1947) rappelait déjà l'importance d'adapter les machines à l'homme afin de cesser de considérer l'homme comme un objet, mais plutôt comme un sujet. En ce sens, il est essentiel de penser la conception des machines avec « *une approche des techniques centrées sur l'Homme* » (Rabardel, 1995, p. 10). L'approche anthropocentrée vise à positionner de façon centrale l'Homme et son activité dans les 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). Néanmoins, Rabardel (1995) affirme que la seule adoption d'une approche anthropocentrée ne peut permettre de penser les systèmes techniques. Il faut pouvoir articuler les approches technocentrée et anthropocentrée : « *Les points de vue anthropocentrés et technocentrés ne sont pas a priori contradictoires, ils doivent même être articulés.* » (Béguin & Rabardel, 2000, p. 38). Il s'agit d'envisager la conception d'un artefact à la fois d'un point de vue technique et à la fois d'un point de vue de l'activité humaine pour que les systèmes de travail soient cohérents au regard de cette activité (Béguin, 2010 ; Béguin & Rabardel, 2000 ; Rabardel, 1995). L'articulation de ces approches réside dans la rencontre des processus de conception pour l'usage (par les concepteurs) et dans l'usage (par les utilisateurs) (Folcher, 2003). C'est à ce niveau que l'approche instrumentale présente un intérêt particulier. En effet, elle rend compte des rapports que les Hommes entretiennent avec les technologies considérées comme des instruments de leurs actions (Rabardel, 1995).

## 6.2. L'activité médiatisée par les instruments

L'approche instrumentale considère les artefacts comme des instruments dès lors qu'ils se révèlent être des médiateurs entre le sujet et l'objet de son activité. Les instruments se présentent telle une entité mixte constituée d'un artefact et de schèmes d'utilisation (Rabardel, 1995).

### 6.2.1. L'artefact

Comme le souligne Wisner (1997), au sein des situations de travail, il existe de nombreux artefacts tels que les outils, les machines, les lois, les procédures, etc. Selon Rabardel (1995), l'artefact est « matériel ou symbolique, produit par le sujet ou par d'autres » (p. 4). En référence à Lev Vygotski, Rabardel (1995) précise que les artefacts possèdent des caractères sociaux et culturels en raison du fait qu'ils ont été créés et sont constamment transformés par l'activité. Il convient donc de ne pas analyser les artefacts de façon isolée, mais dans leurs cadres d'utilisation. Pour cela, Rabardel (1995) insiste sur l'importance de développer une double compréhension. La première vise à porter l'attention sur les activités de conception pour mieux comprendre les processus mis en place lors de la conception des artefacts. La seconde s'intéresse aux activités d'usage afin de mieux appréhender les situations singulières au sein desquelles sont utilisés les artefacts.

### 6.2.2. Les schèmes

La composante liée à l'action renvoie au concept de « schème ». Selon Rabardel (1995), 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). Considérés comme « une organisation active de l'expérience vécue qui intègre le passé » (ibid., p. 79), les schèmes « permettent de rendre compte des processus d'adaptation de l'activité à la diversité du milieu extérieur et de leur généralisation en fonction des contenus auxquels ils s'appliquent » (Béguin & Rabardel, 2000, p. 46).

Les schèmes relèvent de deux processus distincts qui présentent une importance particulière lors de l'introduction d'un nouvel artefact dans une situation de travail (Béguin & Rabardel, 2000 ; Bourmaud, 2006, 2013 ; Folcher & Rabardel, 2004 ; Rabardel, 1995, 2005). Ces deux processus sont les suivants :

- Le processus d'accommodation : les schèmes se transforment lorsque la situation change.
- Le processus d'assimilation : les schèmes s'appliquent à plusieurs types d'artefacts.

Les schèmes possèdent une double dimension : ils ont à la fois une dimension privée et une dimension sociale (Béguin & Rabardel, 2000 ; Bourmaud, 2006, 2013 ; Folcher & Rabardel, 2004 ; Rabardel, 1995, 2005). La dimension privée relève de la constitution

singulière et historique des schèmes au travers de l'histoire personnelle. La dimension sociale renvoie quant à elle à l'idée de schèmes partagés et de transmission avec d'autres sujets.

Rabardel (1995) distingue différents types de schèmes d'utilisation :

- Les schèmes d'usage comprennent la gestion des caractéristiques et propriétés de l'artefact. Ils sont associés aux activités relatives aux tâches secondes, à savoir les actions et activités spécifiques directement liées à l'artefact ;
- Les schèmes d'action instrumentée sont dirigés vers l'objet de l'activité et qui incorporent les schèmes d'usage. Ils sont associés aux activités relatives aux tâches premières pour lesquelles l'artefact est un moyen de réalisation. Les schèmes d'usage associés à d'autres schèmes constituent les schèmes d'action instrumentée ;
- Les schèmes d'action collective instrumentée renvoient à l'utilisation d'un artefact par plusieurs sujets de façon simultanée ou conjointe.

### 6.2.3. L'instrument

Rabardel (1995) décrit l'instrument comme « *l'usage par le sujet de l'artefact en tant que moyen qu'il associe à son action* » (p. 27). L'instrument résulte alors de l'association d'un artefact et de schèmes : association réalisée par l'opérateur dans une situation donnée et qui poursuit un but particulier. Les instruments appartiennent à des classes de situations qui possèdent un caractère invariant pour un même domaine d'activité professionnelle (*ibid.*). 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.

Comme le soulignent Béguin et Rabardel (2000) « *les instruments ne sont pas uniquement des objets matériels fabriqués mais aussi des réalités psychologiques et sociales qui rendent compte de processus développementaux* » (p. 11). En effet, « *tout instrument contient, sous une forme singulière, l'ensemble des rapports que le sujet peut entretenir avec la réalité passée, présente et future, sur et dans laquelle il permet d'agir, avec lui-même et avec les autres* » (Vygotski, 1934, cité par Rabardel, 2005, p. 258). Eu égard à l'approche développementale de la santé proposée par Canguilhem (1966), le passage de l'artefact à l'instrument est de l'ordre de la renormalisation (Schwartz, 2009). Et, cette renormalisation se traduit au regard des genèses instrumentales (Rabardel, 1995).



## 6.3. Les genèses instrumentales

Selon [Béguin](#) et [Rabardel](#) (2000), les genèses instrumentales permettent de saisir « *les évolutions des artefacts liées à l'activité de l'utilisateur et l'émergence de schèmes d'utilisation comme participant d'un même processus de genèse et d'élaboration instrumentale* » (p. 45). En effet, les genèses instrumentales concernent les deux composantes de l'entité instrumentale à savoir l'artefact et les schèmes d'utilisation ([Rabardel, 1995](#)). En raison de cela, deux processus constituant les genèses instrumentales peuvent être distingués selon cette orientation (artefact ou schèmes) : le processus d'instrumentalisation et le processus d'instrumentation (*ibid.*). Ces deux processus sont corrélatifs. En effet, « *l'instrumentalisation et l'instrumentation [...] renvoient l'une à l'autre, même si elles ne sont ni nécessairement simultanées, ni nécessairement de même ampleur dans chaque cas* » ([Rabardel, 2005, p. 258](#)).

### 6.3.1. Le processus d'instrumentalisation

Le processus d'instrumentalisation est dirigé vers l'artefact, il concerne l'enrichissement des propriétés de ce dernier. Ce processus se traduit comme la poursuite de la conception initiale en assignant de nouvelles propriétés à l'artefact ([Rabardel, 1995](#)) puisque « *celui qui travaille ne cesse, lorsqu'il n'en est pas empêché, de réinventer les fonctions de l'outil.* » ([Clot, 2008, p. 53](#)).

Les nouvelles propriétés assignées sont traduites par [Rabardel](#) (1995) comme des « *fonctions acquises* » avec ou sans modifications matérielles de l'artefact. [Rabardel](#) (2005) précise que ces fonctions acquises se traduisent par « *des changements de fonction [...], le développement de fonctions nouvelles ou au contraire l'abandon de fonctions prévues* » (p. 257). Ces fonctions peuvent s'observer à des niveaux temporels différents. En effet, elles peuvent être momentanées, le processus d'instrumentalisation est alors lié à une action singulière. À l'inverse, les fonctions acquises peuvent être conservées durablement comme propriétés de l'artefact (*ibid.*).

### 6.3.2. Le processus d'instrumentation

Alors que le processus d'instrumentalisation est dirigé vers l'artefact, le processus d'instrumentation est quant à lui relatif au sujet ([Rabardel, 1995](#)). En effet, il concerne



l'émergence et l'évolution des schèmes d'utilisation. L'émergence correspond à la genèse de schèmes nouveaux. L'évolution renvoie quant à elle aux processus d'assimilation (les schèmes s'appliquent à plusieurs types d'artefacts) et d'accommodation (les schèmes se transforment lorsque la situation change) mentionnés précédemment. À l'instar du processus d'instrumentalisation, l'émergence et l'évolution des schèmes d'utilisation peuvent s'observer à des niveaux temporels différents.

### 6.3.3. Les catachrèses

Au regard de ces deux processus, il est possible de distinguer la notion d'outils formels et informels proposée par [Lefort \(1982\)](#). Les outils formels correspondent à des outils dont l'utilisation est prévue par les concepteurs. Quant aux outils informels, ils relèvent d'une utilisation non reconnue par les concepteurs. [Lefort \(1982\)](#) identifie deux principes à l'utilisation d'outils informels :

- Le principe d'économie : le travailleur se tourne plus facilement vers l'utilisation d'un outil qu'il connaît ou d'un outil disponible pour économiser l'appropriation qu'il devrait potentiellement avoir avec l'utilisation d'un outil différent ;
- Le principe d'efficacité : le travailleur ne va pas trouver un outil efficace, il va élaborer un moyen nouveau ou adapté pour compenser les insuffisances liées à l'outil disponible.

Les outils informels peuvent être traduits sous le terme de « *catachrèse* » défini par [Béguin et Rabardel \(2000\)](#) comme étant « *un détournement de l'objet par rapport aux fonctions prévues par les concepteurs* » (pp. 44-45). Il convient de souligner que ce détournement peut conduire à des situations à risque du fait que les usages réels ne seront pas en adéquation avec le processus technique tel qu'il a été conçu ([Béguin, 2007a](#) ; [Rabardel, 1995](#)).

### 6.3.4. La contribution des utilisateurs à la conception

Les genèses instrumentales représentent une ressource particulièrement importante pour mettre en visibilité la contribution des utilisateurs à la conception des artefacts en raison des appropriations effectuées au cours de leur activité ([Béguin & Rabardel, 2000](#) ; [Folcher & Rabardel, 2004](#) ; [Rabardel, 1995](#)). L'approche instrumentale permet d'avancer que « *l'opérateur est un concepteur dans l'usage* » en raison de son inventivité et sa créativité ([Béguin & Rabardel, 2000](#) ; [Bourmaud, 2006](#) ; [Folcher & Rabardel, 2004](#) ; [Rabardel, 1995](#)). La

conception devient alors un processus distribué entre divers acteurs (Béguin & Rabardel, 2000). Il convient donc de distinguer la conception « *pour l'usage* » pour ce qui est de l'activité des concepteurs et la conception « *dans l'usage* » pour ce qui est de l'activité des utilisateurs (Folcher, 2003).

En somme, les genèses instrumentales – indices de la contribution des utilisateurs à la conception – présentent un intérêt quant à leur possibilité d'enrichir les processus de conception (Béguin, 2007b, 2010 ; Béguin & Cerf, 2004 ; Béguin & Rabardel, 2000 ; Bourmaud, 2006, 2013 ; Falzon, 2005 ; Folcher, 2003 ; Folcher & Rabardel, 2004 ; Rabardel, 1995).

### 6.3.5. Inscription des genèses instrumentales dans le processus de conception

Selon Rabardel (1995), l'attention doit être portée sur l'analyse des usages pour permettre leur développement et ainsi concevoir au service des fonctions attendues par les utilisateurs. En effet, les situations d'usage de l'artefact rendent visible les besoins et les problèmes quotidiens des utilisateurs, mettant à l'épreuve les choix de conception (Béguin & Rabardel, 2000 ; Rabardel, 1995). Ces auteurs poursuivent sur l'importance de faire du processus de conception un processus cyclique où les compétences des utilisateurs et des concepteurs sont mises en visibilité. Schön (1983) 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. Ce processus – boucle de la conception – est représenté sur la figure ci-après (cf. Figure 24, p. 134).

L'activité des concepteurs consiste en la définition de « *fonctions constitutantes* » et de « *modes opératoires prévus* » et l'activité des utilisateurs consiste en la définition de « *fonctions constituées* » et de « *schèmes d'utilisation* » (Rabardel, 1995). Les processus de genèse instrumentale participent ainsi au processus de conception dans une double dynamique. Les processus d'instrumentation (émergence et évolution des schèmes) correspondent au cycle suivant : modes opératoires prévus – schèmes d'utilisations – nouveaux modes opératoires. Ce cycle est parallèle et voisin d'un second cycle lié aux processus d'instrumentalisation (enrichissement des propriétés de l'artefact) : fonctions constitutantes – fonctions constituées – inscription des fonctions constituées dans l'artefact (cf. Figure 24, p. 134).

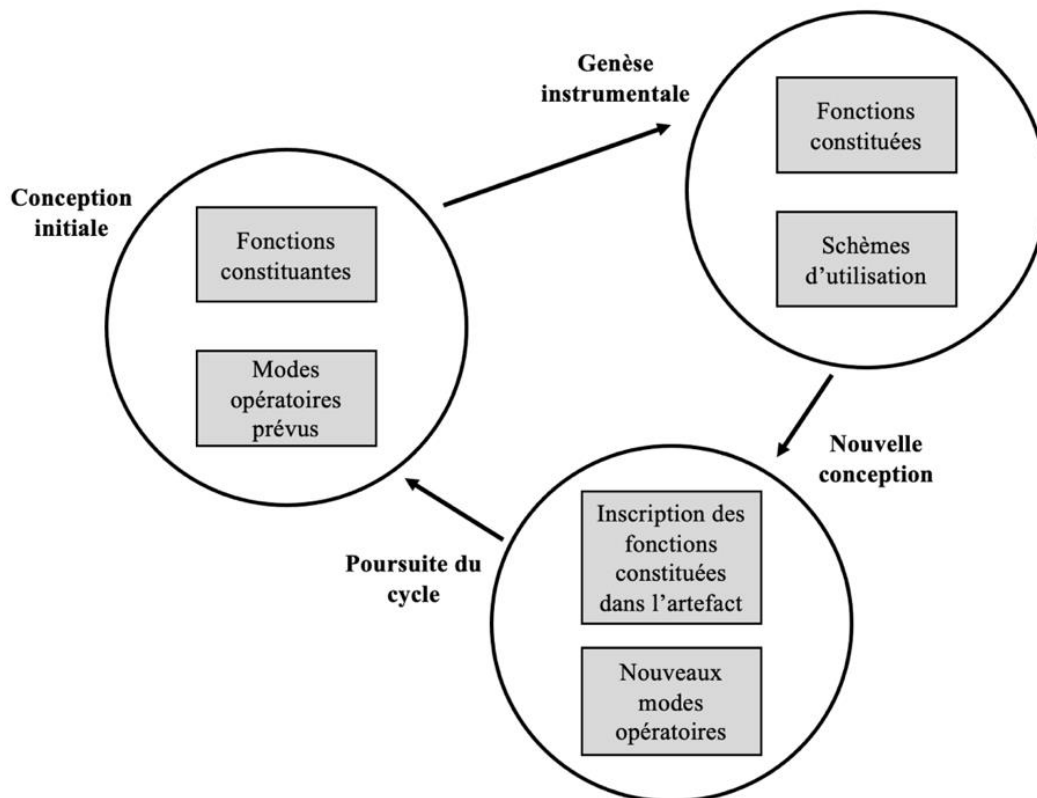


Figure 24 – Inscription des processus de genèses instrumentales dans le cycle d'ensemble de la conception d'un artefact (Rabardel, 1995, p. 132)

L'intérêt de ce processus cyclique réside dans l'inscription itérative des genèses instrumentales dans les processus de conception (Rabardel, 1995). La conception peut alors être envisagée 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 autour 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.

## Chapitre 7. Discussion intermédiaire du cadre théorique

### 7.1. Éléments de synthèse et discussion

Le cadre réglementaire et normatif du système actuel de prévention des risques liés aux substances chimiques est insuffisant pour prévenir efficacement les situations d'exposition rencontrées par les travailleurs (Garrigou, 2011 ; Mohammed-Brahim & Garrigou, 2009). En effet, ces mesures – largement influencées par des études expérimentales – ne tiennent pas suffisamment compte des conditions réelles de travail et de la complexité des situations. En conception, les normes techniques applicables présentent les mêmes limites (Daniellou, 2001 ; Daniellou & Béguin, 2004 ; Wisner, 1990) et les solutions proposées par les concepteurs sont principalement orientées sur la technique (Béguin & Rabardel, 2000 ; Rabardel, 1995). Au regard de ces constats, la conception des pulvérisateurs constitue un objet d'étude opportun quant à la compréhension des situations d'exposition aux pesticides lors des activités de traitement. En effet, même si ces situations relèvent d'une multitude de déterminants, le pulvérisateur représente un déterminant technique important. Et, à ce niveau, il est possible d'identifier une « chaîne de déterminants » (Bellemare *et al.*, 2002 ; St-Vincent *et al.*, 2011) où la conception et la réglementation se révèlent être elles-mêmes des déterminants du pulvérisateur. En effet, ce dernier est un déterminant technique, lui-même déterminé par les activités de conception, elles-mêmes en partie déterminées par la réglementation applicable. Comme le souligne Boudra (2019), cela met en évidence le « caractère hétérodéterminé de l'activité humaine » (p. 71). S'intéresser aux « déterminants des déterminants » (St-Vincent *et al.*, 2011) nécessite de mettre en place une analyse multiscalaire pour viser la compréhension des situations d'exposition à des substances chimiques (Mohammed-Brahim *et al.*, 2003). Les déterminants ainsi identifiés et analysés deviennent ensuite des cibles de transformation (Bellemare *et al.*, 2002 ; St-Vincent *et al.*, 2011). Considérés comme le « résultat du travail d'autrui » (Boudra, 2019, p. 85), ces déterminants relèvent en réalité d'une diversité d'acteurs plus ou moins éloignés de façon spatio-temporelle des situations de travail (Albert *et al.*, à paraître). Les connaissances alors produites par les approches ergotoxicologique et instrumentale permettent d'alimenter des confrontations hétérogènes (Daniellou, 1992 ; Garrigou, 2011, 2021) avec les connaissances produites par ces différents acteurs. En effet, ces approches – toutes deux issues de l'ergonomie de l'activité – mettent en visibilité à la fois les développements opérés dans l'activité au regard des genèses instrumentales (Rabardel, 1995)

et les arbitrages réalisés entre des critères de production et de protection (Albert *et al.*, à paraître). Les connaissances ainsi produites deviennent une ressource pour porter le point de vue de l'activité auprès de la diversité des acteurs concernés – de près ou de loin – par les situations de travail.

## 7.2. Problématique

Au regard des différents éléments développés au sein du contexte de la recherche et du cadre théorique, notre problématique est la suivante :

Si l'ergotoxicologie souligne l'intérêt de cibler des macrodéterminants pour penser une prévention plus globale, les connaissances qu'elle a produites sur ces déterminants portent généralement sur la situation de travail et rarement au-delà. Pour ces raisons, dans le cadre de notre travail de thèse, nous proposons d'articuler différents niveaux d'analyse d'une chaîne particulière de déterminants pour comprendre les situations d'exposition aux pesticides lors de l'utilisation des pulvérisateurs. Sur la base de ces analyses, les connaissances produites pourront être une ressource au développement de collaborations entre la diversité des acteurs concernés (agriculteurs, concepteurs, acteurs en charge de l'élaboration de la réglementation) afin d'agir en prévention.

Cette thèse s'inscrit dans une visée compréhensive des situations d'exposition aux pesticides lors de l'utilisation des pulvérisateurs, en produisant des connaissances particulières à différents niveaux : les activités de traitement, les activités de conception, la réglementation applicable à cette conception et les activités d'élaboration de cette réglementation. Les perspectives de transformations ne font pas l'objet de résultats au sein de cette thèse, elles seront présentées au sein de la quatrième et dernière partie de ce manuscrit.

## 7.3. Hypothèses de recherche

Afin de produire des connaissances sur les activités de traitement, les activités de conception, la réglementation applicable à cette conception et les activités d'élaboration de cette réglementation, nous avons formulé quatre hypothèses de recherche. Ces hypothèses ont permis d'alimenter des objectifs orientant alors les analyses de ces différents niveaux.

La première hypothèse vise à questionner – sur la base des approches ergotoxicologique et instrumentale – le rôle du pulvérisateur dans l'apparition des situations d'exposition aux pesticides lors des activités de traitement.

H1

Dans le cadre de la réalisation des traitements aux pesticides en viticulture, le pulvérisateur se révélerait être à la fois un instrument de l'activité au service de l'action et un déterminant à l'origine de difficultés d'usage et de situations d'exposition aux pesticides.

La deuxième hypothèse vise à questionner les approches et techniques employées au cours du processus de conception des pulvérisateurs afin d'identifier la place accordée à la prise en compte de l'activité de travail réelle des viticulteurs et des risques de contamination.

H2

Les activités de conception des pulvérisateurs seraient principalement orientées sur la technique ce qui ne permettrait pas de prendre suffisamment en compte l'activité de travail réelle des viticulteurs lors de l'utilisation de leur matériel et les risques de contamination associés.

La troisième hypothèse vise à questionner le rôle joué par les normes juridiques et techniques dans la conception des pulvérisateurs tant du point de l'activité des concepteurs que celles des agriculteurs.

H3

La conception des pulvérisateurs serait elle-même déterminée par une diversité d'exigences réglementaires qui auraient tendance à complexifier l'activité des concepteurs dans la prise en compte de l'activité de travail réelle des viticulteurs.

Enfin, la quatrième et dernière hypothèse vise à questionner la diversité des intérêts en jeu au cours de l'élaboration des normes juridiques et techniques applicables à la conception des pulvérisateurs.

H4

Le contexte réglementaire relatif à la conception des pulvérisateurs relèverait d'une diversité d'enjeux et d'intérêts parfois contradictoires. Dans ce contexte, les enjeux de santé et de sécurité au travail ne seraient pas priorités, ce qui impacterait à terme les activités de traitement.



## TROISIÈME PARTIE : RECUEIL, ANALYSE DES DONNÉES ET RÉSULTATS

Cette troisième partie vise à présenter le recueil des données, leur analyse et les résultats qui en découlent. Elle est composée de cinq chapitres. Le premier chapitre a pour objectif – en guise d'introduction – de présenter la construction de la démarche avec les différents acteurs (Chapitre 8). Les quatre chapitres suivants visent à répondre aux quatre hypothèses de recherche formulées précédemment. Après un rappel de l'hypothèse concernée, chaque chapitre présente les objectifs de recherche associés, la méthodologie mise en place, les résultats et propose une conclusion permettant de répondre à l'hypothèse. Dans un premier temps, nous porterons notre attention sur les activités de traitement afin de comprendre – sur la base des approches instrumentale et ergotoxicologique – les situations d'exposition aux pesticides lors de l'utilisation des pulvérisateurs (Chapitre 9). Le chapitre suivant vise à rendre compte de la place accordée à la prise en compte de l'activité des agriculteurs et des risques de contamination associés au cours du processus de conception (Chapitre 10). Ensuite, il s'agit d'identifier et de comprendre le rôle joué par la réglementation dans et pour la conception des pulvérisateurs (Chapitre 11). Enfin, dans le dernier chapitre, nous porterons l'attention sur les activités d'élaboration de la réglementation applicable à la conception des pulvérisateurs et plus spécifiquement la diversité des intérêts en jeu (Chapitre 12).



## Chapitre 8. Construction de la démarche avec les différents acteurs

Les machines destinées à l'application des pesticides constituent des objets à la croisée d'une multiplicité d'acteurs. Il était donc nécessaire, en premier lieu, d'inscrire socialement le projet de recherche au sein et à travers différents réseaux d'acteurs associés au machinisme agricole et à la prévention (§8.1). Au-delà d'informer ces acteurs de la réalisation du projet, il s'agissait également d'en présenter l'origine, les objectifs et les enjeux. Fort de leur partenariat, ce premier niveau d'acteurs a permis de faciliter la démarche avec les fabricants de pulvérisateurs – susceptibles d'être volontaires pour participer au projet (§8.2). Par la suite, ces fabricants ont été force de propositions quant aux exploitations viticoles au sein desquelles les analyses allaient pouvoir être menées (§8.3). Enfin, c'est par le biais de ce réseau constitué tout au long du projet de recherche qu'il a été possible d'identifier et d'échanger avec des acteurs impliqués dans l'élaboration des normes juridiques et techniques (§8.4). La construction de la démarche avec les différents acteurs est schématisée sur la figure ci-dessous (cf. Figure 25).

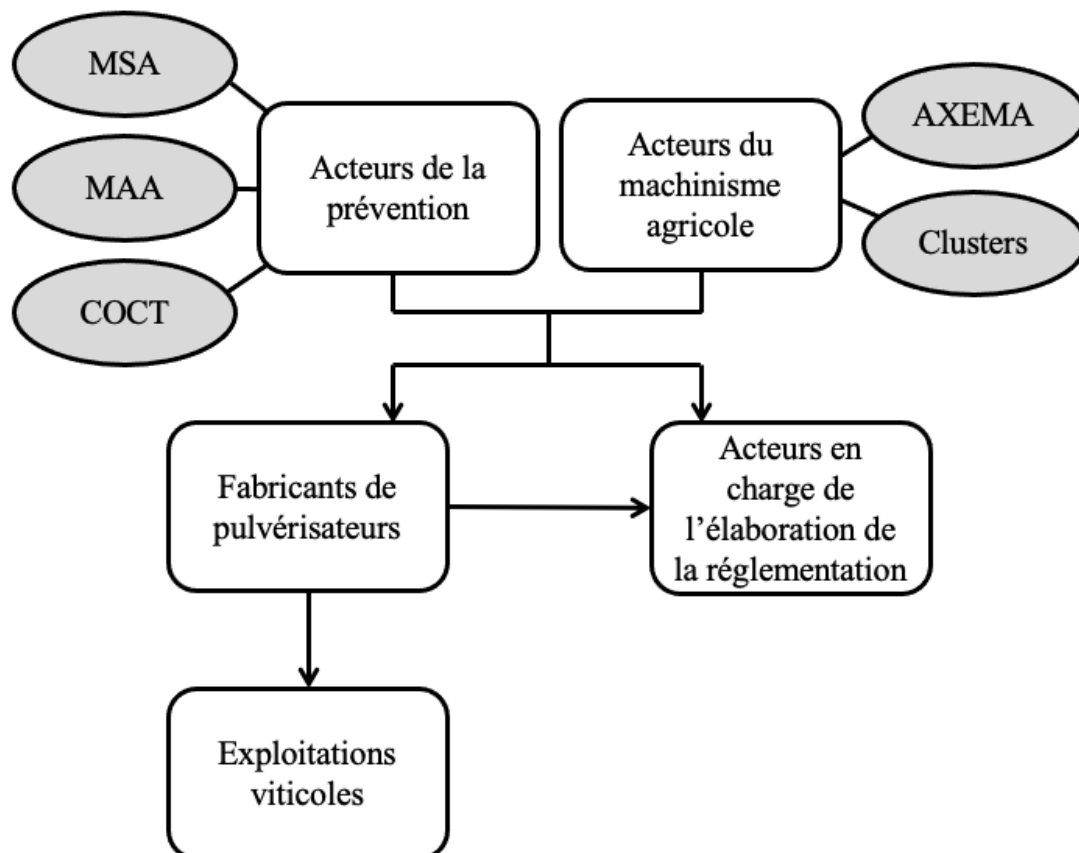


Figure 25 – Construction de la démarche avec les différents niveaux d'acteurs

## 8.1. Les acteurs associés au machinisme agricole et à la prévention

Afin d'informer de la réalisation du projet de recherche (origine, objectifs, enjeux, résultats attendus, etc.) et d'envisager – à plus long terme – une valorisation des actions menées et des connaissances produites, il était essentiel – dès le début du projet – de construire un réseau d'acteurs. Ce réseau pouvait concerner des acteurs associés au machinisme agricole et des acteurs engagés dans la prévention des risques en agriculture. Fort de leur partenariat, ces acteurs représentaient une occasion de faciliter le développement de la démarche auprès des fabricants de pulvérisateurs et des acteurs en charge de l'élaboration de la réglementation.

Dans le secteur du machinisme agricole, les premiers échanges ont eu lieu avec l'association française des acteurs industriels de la filière des agroéquipements (AXEMA) et trois clusters machinisme. La présentation du projet de recherche lors d'une journée<sup>138</sup> organisée par ces derniers et les différentes discussions ont été l'occasion de renforcer la construction du réseau d'acteurs, et ce, principalement concernant les fabricants de pulvérisateurs. Dans le secteur de la prévention, les échanges réalisés avec des acteurs de la Mutualité sociale agricole (MSA) de la Gironde et des Charentes, du ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation (MAA) et du Conseil d'orientation des conditions de travail (COCT) ont permis d'enrichir le projet tant dans les conseils donnés vis-à-vis de ce dernier que dans les personnes pertinentes à contacter.

Au cours du projet de recherche, des présentations de l'avancement des travaux ont été effectuées auprès de ces différents acteurs afin de valoriser les connaissances produites. Ne représentant pas un objectif de notre projet de thèse, la construction de ce réseau et les échanges qui en ont découlé ne feront pas l'objet d'analyses spécifiques. Néanmoins, ils nourrissent des enjeux inhérents à un projet ultérieur – le projet PulvERGO (Chapitre 16).

## 8.2. Les fabricants de pulvérisateurs

Par le biais de ce premier réseau constitué, l'enjeu résidait ensuite dans la rencontre de fabricants de pulvérisateurs susceptibles d'être volontaires pour participer au projet de recherche. Les visites de deux salons du machinisme agricole<sup>139</sup> ont permis d'initier de premiers

---

<sup>138</sup> Journée de l'innovation intitulée « Contribution du machinisme agricole à la réduction de la pulvérisation » et organisée le 1<sup>er</sup> février 2019.

<sup>139</sup> Le Vinitech Sifel à Bordeaux du 20 au 22 novembre 2018 et le SIMA à Paris du 24 au 28 février 2019.

contacts avec ces fabricants. À l'issue de ces premiers contacts, trois constructeurs ont plus spécifiquement été intéressés par la démarche et les enjeux portés par le projet de recherche. Les caractéristiques générales de ces fabricants – que nous appellerons respectivement fabricant A, fabricant B et fabricant C pour des raisons de confidentialité – sont présentées dans le tableau ci-dessous (*cf.* Tableau 3).

<b>Nom du fabricant</b>	<b>Catégorie</b>	<b>Nombre de salariés</b>	<b>Filières de production</b>
Fabricant A	PME	100 à 199	Grande culture, viticulture et arboriculture
Fabricant B	PME	100 à 199	Grande culture et viticulture
Fabricant C	PME	20	Viticulture

Tableau 3 – Caractéristiques générales des fabricants démarchés dans le projet

Suite aux rencontres préalables au cours des salons, des réunions de démarrage ont été organisées au sein de ces trois entreprises afin de présenter le projet de recherche (enjeux, objectifs, méthodologie, résultats attendus, etc.). Durant ces réunions, il était primordial de tenir compte des attentes et des besoins des fabricants vis-à-vis du projet en vue de construire une potentielle collaboration.

À l'issue de ces premières rencontres, les engagements des constructeurs vis-à-vis du projet de recherche n'ont pas été les mêmes. Actuellement en phase de développement d'une nouvelle gamme de pulvérisateurs, le fabricant A a davantage fait part de ses besoins, contrairement aux fabricants B et C pour qui il était plus difficile d'allouer du temps à la démarche proposée. C'est ainsi que le projet de recherche a par la suite été mené exclusivement avec le fabricant A. Compte tenu des besoins de ce fabricant et des enjeux du projet, l'objectif de notre collaboration était double. Notre participation au projet de conception de la nouvelle gamme de pulvérisateurs était à la fois l'occasion d'analyser leur activité de conception, mais aussi de leur apporter des éléments de terrain sous la forme de repères de conception. Afin de produire ces repères vis-à-vis de leurs besoins, le fabricant A nous a alors proposé de conduire nos analyses au sein de quatre exploitations viticoles. Parmi ces exploitations, deux allaient être concernées par l'utilisation du prototype développé dans le cadre de la conception de la nouvelle gamme.

### 8.3. Les exploitations viticoles

La construction de la démarche auprès des exploitations viticoles s'est majoritairement réalisée par le biais du fabricant A. Quatre exploitations ont ainsi pu être mobilisées. Dans un souci de diversité des profils d'exploitations et des matériels utilisés, une cinquième exploitation – déjà sollicitée dans le cadre d'un projet précédent – a également été investie.

Des réunions de démarrage ont été organisées au sein des cinq exploitations afin de présenter le projet de recherche (origine, objectifs, méthodologie, etc.). Compte tenu des forts enjeux liés à l'utilisation des pesticides en matière de santé et de sécurité, ces premières réunions étaient l'occasion d'initier des échanges en confiance avec les viticulteurs. De plus, la méthodologie souhaitée pour l'analyse de l'activité des tractoristes a été expliquée dans le détail dans l'intention de préparer les travailleurs à notre intervention lors de la réalisation de leurs traitements. Enfin, ces réunions ont permis de récolter des informations générales sur les exploitations (nombre d'hectares, mode de culture, etc.) et sur les pulvérisateurs (ancienneté, prix d'achat, capacité de la cuve, etc.).

Parmi les quatre exploitations recrutées par le biais du fabricant A, deux exploitations ont été concernées par la mise en place et l'utilisation des prototypes dans le cadre du développement de la nouvelle gamme. Pour des raisons de confidentialité, les résultats issus de l'analyse des activités de traitement ne concerneront pas ces prototypes, mais les pulvérisateurs utilisés ordinairement.

### 8.4. Les acteurs en charge de l'élaboration de la réglementation

La construction de la démarche avec les acteurs en charge de l'élaboration de la réglementation et plus précisément des normes techniques a été – à l'instar des fabricants de pulvérisateurs et des exploitations viticoles – rendue possible grâce au réseau d'acteurs construit en début de projet. En effet, compte tenu des échanges effectués avec les acteurs du machinisme agricole, de la prévention et les constructeurs, il était plus facile d'identifier et d'initier les discussions avec les acteurs impliqués dans l'élaboration des normes techniques (*cf.* Figure 25, p. 140).

# Chapitre 9. Les activités de traitement avec pulvérisateur

Au sein de ce chapitre, nous souhaitons apporter des réponses à la première hypothèse formulée précédemment.

H1

Dans le cadre de la réalisation des traitements aux pesticides en viticulture, le pulvérisateur se révélerait être à la fois un instrument de l'activité au service de l'action et un déterminant à l'origine de difficultés d'usage et de situations d'exposition aux pesticides.

Afin de répondre à cette première hypothèse, il convient dans un premier temps d'énoncer les objectifs qu'elle sous-tend (§9.1). La formulation de ces objectifs permet ensuite de décrire la méthodologie déployée au sein des exploitations viticoles (§9.2). Les résultats issus de l'analyse des activités de traitement avec pulvérisateurs font l'objet de la partie suivante (§9.3). Enfin, dans la dernière partie de ce chapitre, nous proposons une conclusion qui apporte des réponses à la première hypothèse (§9.4).

## 9.1. Objectifs de recherche

En considération de la première hypothèse, les objectifs associés à l'analyse des activités de traitement visent à identifier et caractériser :

- Les enjeux (production, qualité, santé et sécurité, etc.) associés à la réalisation des traitements aux pesticides en viticulture ;
- Les situations d'exposition aux pesticides liées à l'utilisation des pulvérisateurs ;
- Les déterminants du pulvérisateur à l'origine de ces situations d'exposition aux pesticides ;
- Les difficultés rencontrées lors de l'activité de conduite du pulvérisateur ;
- Les genèses instrumentales.

## 9.2. Méthodologie de recherche

### 9.2.1. Les terrains d'étude

Au total, ce sont cinq exploitations viticoles de la région Nouvelle-Aquitaine qui ont accepté de participer au projet de recherche. Ces exploitations diffèrent par leur nombre d'hectares, leur

mode de culture et les équipements qu'elles emploient. Les caractéristiques générales de ces exploitations – que nous appellerons respectivement exploitation 1 (Exp1), exploitation 2 (Exp2), exploitation 3 (Exp3), exploitation 4 (Exp4) et exploitation 5 (Exp5) – sont détaillées dans le tableau ci-dessous (*cf.* Tableau 4).

<b>Exploitations</b>	<b>Mode de culture</b>	<b>Nombre d'hectares</b>	<b>Mode de transport du pulvérisateur</b>
Exploitation 1 (Exp1)	Conventionnel et raisonné	160	Traîné
Exploitation 2 (Exp2)	Conventionnel et biologique	600	Porté
Exploitation 3 (Exp3)	Conventionnel	33	Traîné
Exploitation 4 (Exp4)	Conventionnel	50	Traîné
Exploitation 5 (Exp5)	Conventionnel, raisonné et agroécologie	23	Automoteur

Tableau 4 – Caractéristiques générales des exploitations viticoles

Pour ces différentes exploitations, les travailleurs observés sont à la fois des salariés et des non-salariés agricoles (chefs d'exploitation). En ce qui concerne les pulvérisateurs, ils se distinguent selon différentes caractéristiques, telles que leur mode de transport (traîné, porté ou automoteur (*cf.* Figures 1, 2 et 3, p. 68)) ou leur prix. Leur ancienneté n'excède pas cinq ans, ce qui permet de produire des connaissances sur du matériel relativement récent. En matière de protection des expositions dans la cabine, seul le pulvérisateur automoteur de l'exploitation 5 possède une classe de cabine de catégorie 4<sup>140</sup>. Pour les pulvérisateurs des autres exploitations, cette protection est dépendante de la classe de cabine du tracteur utilisé et est de catégorie 2<sup>141</sup> ou 3<sup>142</sup>. D'autres caractéristiques, telles que la capacité de la cuve, le nombre de rangs traités, la technique de préparation des produits (directement dans la cuve ou à l'aide d'un incorporateur (*cf.* Figures 26 et 27, p. 146)) ou encore la présence de panneaux récupérateurs doivent être prises en compte pour différencier les pulvérisateurs. Contrairement aux quatre autres exploitations, l'exploitation 5 possède un système d'automatismes en cabine. Il s'agit du dispositif électronique ISOBUS qui permet de simplifier la communication entre la cabine et le pulvérisateur. Les caractéristiques des pulvérisateurs de chaque exploitation sont détaillées dans le tableau ci-dessous (*cf.* Tableau 5, p. 146).

<sup>140</sup> Cabine qui fournit une protection contre la ou les poussières, les aérosols et les vapeurs.

<sup>141</sup> Cabine qui fournit une protection contre la ou les poussières.

<sup>142</sup> Cabine qui fournit une protection contre la ou les poussières et les aérosols.



Figure 26 – Incorporation des produits directement dans la cuve



Figure 27 – Incorporation des produits à l'aide d'un incorporeur branché à la cuve du pulvérisateur

Exploitations	Mode de transport	Prix à l'achat	Date d'achat	Classe de cabine	Capacité de la cuve	Nombre de rangs traités	Préparation des produits	Panneaux récupérateurs	Autres
Exp1	Traîné	31 500€	2019	Catégorie 3	1 500 L	3	Dans la cuve	Non	-
Exp2	Porté	55 000€	2017	Catégorie 2	2 500 L	4	Dans la cuve	Non	-
Exp3	Traîné	32 000€	2017	Catégorie 2	1 500 L	3	Dans la cuve	Non	-
Exp4	Traîné	47 500€	2018	Catégorie 3	1 250 L	2	Incorporeur	Oui	-
Exp5	Automoteur	100 000€	2018	Catégorie 4	1 000 L	4	Incorporeur	Oui	Isobus

Tableau 5 – Caractéristiques générales des pulvérisateurs pour chacune des exploitations viticoles

## 9.2.2. Recueil des données

### 9.2.2.1. Les observations filmées

Dans chacune des exploitations viticoles, des observations filmées de traitements ont été réalisées avec l'accord des agriculteurs. La technique du film a été privilégiée, à la fois pour permettre une analyse plus détaillée de l'activité de traitement mais également pour permettre la réalisation d'entretiens d'autoconfrontation simple avec les travailleurs concernés. La possibilité d'effectuer ces observations était très dépendante du rythme des exploitations, de leur disponibilité, de leurs contraintes et des conditions météorologiques. En raison de cela, le nombre d'observations diffère entre les exploitations. La programmation des observations était parfois difficile à anticiper ce qui nécessitait des échanges téléphoniques réguliers avec les viticulteurs. Le tableau ci-dessous correspond au calendrier des observations filmées réalisées au sein des cinq exploitations viticoles (*cf.* Tableau 6).

<b>Exploitations</b>	<b>Dates des observations filmées</b>
Exp1	22 mai et 22 juillet 2019
Exp2	16 mai 2019
Exp3	13 juin 2019
Exp4	31 juillet 2019
Exp5	11, 12 et 15 juillet 2019

Tableau 6 – Calendrier des observations filmées

Les observations réalisées visaient à capitaliser des données filmées pour les trois étapes des traitements, à savoir la préparation des produits, la pulvérisation de ces produits sur les parcelles de vigne et le nettoyage du matériel. Chaque tractoriste était suivi et filmé tout en prenant soin de ne pas perturber son activité. Compte tenu des contraintes liées à la conduite de l'exploitation, aux pannes et aux conditions météorologiques, il n'était pas toujours possible de filmer l'intégralité des traitements (préparation, application et nettoyage) au sein des différentes exploitations.

Selon les étapes du traitement, différentes techniques de film ont été mises en place. Pour la préparation des produits et le nettoyage du matériel, il s'agissait de tenir une caméra à la main et de suivre l'agriculteur dans la réalisation de ces deux étapes. Pour l'application des produits, il s'agissait de capturer à la fois les informations prélevées par le tractoriste et les postures associées. Pour cela, deux caméras GoPro ont été installées dans la cabine. La première a été



installée à l'avant afin d'obtenir une vue de face du conducteur et la seconde à l'arrière de façon à avoir une vue de dos (cf. Figures 28 et 29).



Figure 28 – Caméra GoPro embarquée à l'avant de la cabine



Figure 29 – Caméra GoPro embarquée à l'arrière de la cabine

Afin de comprendre précisément les informations visuelles prélevées par le tractoriste, un oculomètre a été utilisé en parallèle des enregistrements réalisés à l'aide des caméras fixées dans la cabine. Cette technique nécessite de porter des lunettes reliées à un boîtier (cf. Figures 30, 31 et 32) dont l'autonomie permet de faire des enregistrements d'environ une heure. Ces lunettes Tobii – de type « *eye tracker* » – permettent d'avoir une compréhension approfondie et objective du comportement visuel en montrant précisément ce qu'une personne regarde en temps réel alors qu'elle se déplace librement dans son environnement. Ces enregistrements permettent d'obtenir des vidéos sur lesquelles figurent les mouvements oculaires matérialisés par un rond de couleur (cf. Figure 32). Ces différentes techniques d'enregistrement ont été mises en place dans le but de réaliser un codage de l'activité à l'aide de l'outil CAPTIV.



Figure 30 – Tractoriste équipé des lunettes Tobii (oculomètre)



Figure 31 – Lunettes Tobii (<https://www.tobiipro.com/fr>)



Figure 32 – Regard du tractoriste orienté sur le rétroviseur droit du tracteur

Durant l'étape de pulvérisation, il était également important d'obtenir des données filmées lorsque le tractoriste était amené à sortir de sa cabine en plein traitement. Pour cela, il était

nécessaire de suivre le pulvérisateur en voiture le long des tournières<sup>143</sup> et de descendre dès que besoin avec une caméra tenue à la main.

#### 9.2.2.2. Les entretiens d'autoconfrontation

Les entretiens d'autoconfrontation simple relèvent d'une méthode courante en ergonomie (Mollo & Falzon, 2004). À l'aide d'enregistrements vidéo, ce type d'entretien permet de proposer au travailleur une confrontation en le plaçant en tant qu'observateur extérieur de sa propre activité. Les discussions menées avec le travailleur à partir des enregistrements vidéo doivent permettre une compréhension plus fine des représentations liées à l'activité ainsi que les processus cognitifs mis en œuvre. Les explications fournies par les agriculteurs sont aussi l'occasion de comprendre les situations d'exposition aux pesticides et les représentations associées.

Les entretiens d'autoconfrontation ont été réalisés à la suite de l'analyse des observations filmées. Ces entretiens avaient pour objectif d'explicitier l'activité des viticulteurs liée à l'usage de leur pulvérisateur de façon à intégrer des données subjectives à l'analyse des films. Cette explicitation visait à comprendre l'activité en lien avec les situations d'exposition aux pesticides identifiées et les difficultés d'usage associées. En raison de l'objectif lié à l'identification de genèses instrumentales, ces entretiens étaient également l'occasion de questionner les agriculteurs sur les potentielles modifications apportées à leur matériel.

Compte tenu des contraintes respectives des différentes exploitations, les entretiens d'autoconfrontation ont seulement pu être réalisés au sein de trois exploitations. De plus, en raison des périodes de forte activité durant la saison des traitements et des vendanges, ces entretiens n'ont pas pu être réalisés, par rapport aux observations, de façon suffisamment rapprochée dans le temps. Il était alors nécessaire – en début d'entretien – de prendre un temps afin que le travailleur se remémore au mieux la journée de traitement concernée par les données filmées. Le tableau ci-dessous correspond au calendrier et à la durée des différents entretiens d'autoconfrontation réalisés au sein des trois exploitations concernées (*cf.* Tableau 7, p. 150).

---

<sup>143</sup> Espace réservé en bordure des rangs de vigne pour pouvoir tourner avec le pulvérisateur.

Exploitations	Dates des entretiens d'autoconfrontation	Durée des entretiens
Exp1	27 novembre 2019	1h09
Exp2	25 novembre 2019	1h23
Exp5	26 novembre 2019	1h06

Tableau 7 – Calendrier et durée des entretiens d'autoconfrontation

Pour chacune des trois exploitations, un film d'une trentaine de minutes a été réalisé de façon à regrouper les différentes situations pertinentes au regard des explicitations attendues. Afin de mener au mieux ces entretiens, nous avons en notre possession des guides d'entretien permettant d'associer des repères de temps avec des situations justement sujettes à explicitation (*cf.* Annexe B, p. 379).

### 9.2.2.3. Les prélèvements d'eaux de lavage de mains

Afin d'évaluer la contamination cutanée des tractoristes lors de la phase d'application des produits, des prélèvements d'eaux de lavage de mains ont été effectués. En raison des contraintes des exploitations déjà mentionnées précédemment, ces prélèvements n'ont pu être réalisés qu'au sein de trois exploitations. Pour chacune de ces exploitations, un premier prélèvement était réalisé avant de monter dans la cabine et un deuxième prélèvement était réalisé au retour du traitement (*cf.* Figure 33). Pour le premier prélèvement, l'objectif était d'estimer la concentration de produits présente sur les mains du tractoriste à la suite de la préparation des produits, ceci juste avant qu'il monte dans sa cabine. Même si cette technique peut sous-estimer la concentration des produits recherchés compte tenu du fait qu'ils sont peut-être déjà incrustés dans la peau (Baldi *et al.*, 2006), Hsu *et al.* (1988) mettent en évidence que 90% de la quantité totale de pesticides est tout de même éliminée lors du premier rinçage. Cela permet ainsi pour le deuxième prélèvement d'estimer la concentration de produits présente sur les mains du tractoriste et accumulée au cours de l'étape d'application.

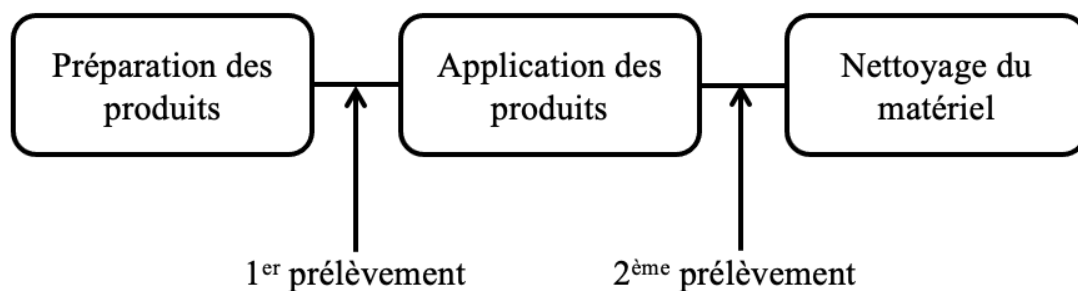


Figure 33 – Organisation des prélèvements en fonction des étapes du traitement

Pour réaliser ces prélèvements, un litre d'eau était versé lentement sur les mains du tractoriste pendant que celui-ci avait pour consigne de se les frotter (cf. Figure 34). L'eau de lavage était récupérée dans un bac en aluminium jetable puis transvasée de façon équitable dans deux bouteilles de 600 ml (cf. Figure 35). Une fois cela effectué, les bouteilles étaient stockées au congélateur avant d'être envoyées au laboratoire pour analyse.



Figure 34 – Prélèvements d'eaux de lavage de mains



Figure 35 – Bouteilles de récupération

Pour mettre en perspective les résultats de ces prélèvements avec l'analyse des activités de traitement, les prélèvements ont été réalisés le même jour que les observations filmées. Le tableau ci-dessous correspond au calendrier et au nombre de prélèvements effectués au sein des trois exploitations concernées (cf. Tableau 8).

<b>Exploitations</b>	<b>Dates des prélèvements d'eaux de lavage de mains</b>	<b>Nombre de prélèvements</b>
Exp1	22 juillet 2019	2
Exp4	31 juillet 2019	2
Exp5	11 juillet 2019	4
	12 juillet 2019	2

Tableau 8 – Calendrier des prélèvements d'eaux de lavage de mains

Le nombre de prélèvements réalisés au sein de l'exploitation 5 pour la journée du 11 juillet s'explique au regard des difficultés rencontrées par le tractoriste juste avant le départ pour l'application des produits sur les parcelles de vigne. En effet, l'agriculteur a dû effectuer des réparations sur le pulvérisateur. Un deuxième prélèvement a alors été réalisé à l'issue de ces réparations. Compte tenu des nombreux contacts avec le pulvérisateur durant ces réparations, le tractoriste a souhaité prendre une douche avant de monter dans la cabine. Les troisième et quatrième prélèvements correspondent ensuite à ceux initialement prévus. L'organisation des prélèvements réalisés au sein de l'exploitation 5 le 11 juillet 2019 est schématisée sur la figure ci-dessous (cf. Figure 36, p. 152).

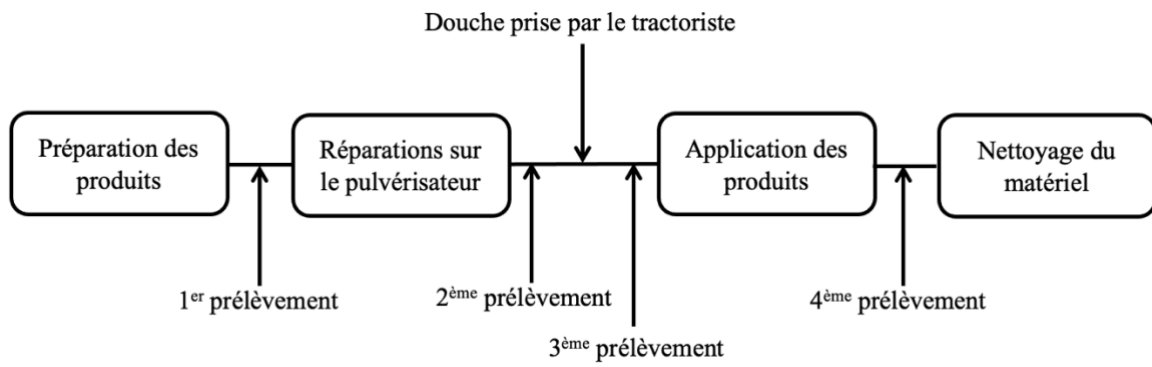


Figure 36 – Organisation des prélèvements du 11 juillet 2019 pour l'Exp5

L'intégralité des techniques utilisées pour analyser l'activité des tractoristes lors de la réalisation des traitements et les situations d'exposition aux pesticides qui en découlent est récapitulée dans le tableau ci-dessous (*cf.* Tableau 9, p. 153).








Exploitations	Observations filmées						
	Préparation des produits	Application des produits			Nettoyage du matériel	Entretiens d'autoconfrontation	Prélèvements d'eaux de lavage de mains
	Caméra tenue à la main 	GoPro 	Oculomètre 	Caméra tenue à la main 	Caméra tenue à la main 		
Exp1	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓
Exp2	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✗
Exp3	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗
Exp4	✗	✓	✗	✓	✓	✗	✓
Exp5	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Tableau 9 – Récapitulatif des techniques utilisées au sein de chaque exploitation

## 9.2.3. Le traitement des données

### 9.2.3.1. Analyse des observations filmées

Les films réalisés lors des observations ont été visionnés intégralement pour l'ensemble des exploitations. Dans un premier temps, des analyses qualitatives ont concerné les films réalisés à l'aide de la caméra tenue à la main pour les trois étapes que sont la préparation des produits, l'application des produits et le nettoyage du matériel. Pour rappel, les films réalisés avec cette technique lors de l'application correspondent systématiquement à des activités où le tractoriste a été amené à descendre de sa cabine en plein traitement. L'analyse qualitative de ces films s'est focalisée selon les observables suivants : les situations d'exposition aux pesticides directes, les situations d'exposition aux pesticides indirectes et les genèses instrumentales. En raison de l'hypothèse formulée, seule l'identification de ces genèses est suffisante, et non leur analyse. En effet, l'objectif est avant tout de montrer les appropriations à l'œuvre dans l'activité et les conséquences qu'elles peuvent avoir du point de vue du risque. Pour les trois observables, l'analyse qui en découle relève de différents critères présentés dans le tableau ci-dessous (*cf.* Tableau 10).

<b>Observables</b>	<b>Description</b>	<b>Critères d'analyse</b>
Situations d'exposition directe aux pesticides	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Le travailleur se rapproche des sources d'émission des pesticides</li> <li>- Le travailleur a un contact direct avec les pesticides</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Décrire l'activité concernée par la situation d'exposition aux pesticides</li> <li>- Définir les déterminants du pulvérisateur à l'origine de cette situation</li> </ul>
Situations d'exposition indirecte aux pesticides	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Le travailleur a un contact direct avec les surfaces/organes du pulvérisateur et/ou du tracteur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Décrire l'activité concernée par la situation d'exposition aux pesticides</li> <li>- Définir les déterminants du pulvérisateur à l'origine de cette situation</li> </ul>
Genèses instrumentales	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Le travailleur fait évoluer et/ou émerger ses schèmes d'utilisation (processus d'instrumentation)</li> <li>- Le travailleur confère de nouvelles fonctions aux pulvérisateurs (processus d'instrumentalisation)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Décrire l'activité concernée</li> <li>- Définir les déterminants du pulvérisateur à l'origine de ces processus</li> </ul>

Tableau 10 – Description des observables et des critères d'analyse pour les films réalisés à l'aide de la caméra tenue à la main

Dans un second temps, des analyses qualitatives et quantitatives ont concerné les films réalisés à l'aide de l'oculomètre et des caméras GoPro embarquées dans la cabine. Ces analyses visaient tout d'abord à coder le comportement visuel du tractoriste. Ce codage – rendu possible grâce au logiciel CAPTIV – permet de générer des statistiques sur les durées, les fréquences, les transitions et les simultanités des directions du regard. Pour ce codage, le logiciel CAPTIV permet de définir plusieurs classes d'observables. Chacune de ces classes comprend ensuite plusieurs observables qui se doivent d'être exclusifs les uns par rapport aux autres. La définition des classes d'observables et des observables associés nécessitent un visionnage préalable des enregistrements obtenus à l'aide de l'oculomètre et la formulation d'hypothèses spécifiques pour cette étape du traitement. Deux hypothèses ont ainsi été énoncées :

- L'activité de conduite du tractoriste se traduirait par une multitude de prises d'informations visuelles – nécessaires à la réalisation d'un traitement de qualité – mais révélatrices de difficultés d'usage.
- Ces prises d'informations et les difficultés associées seraient différentes selon l'endroit dans lequel se trouverait le pulvérisateur (rang de vigne, tournière, route, etc.).

Les deux classes d'observables « *direction du regard* » et « *espace de conduite* » ont donc été définies. La description des observables pour chacune de ces classes est présentée dans les tableaux ci-dessous (cf. Tableaux 11 et 12, p. 156).

<b>Observables</b>	<b>Description</b>
Devant	Le tractoriste regarde devant
Descentes droites	Le tractoriste regarde les descentes droites
Descentes gauches	Le tractoriste regarde les descentes gauches
Rétroviseur droit	Le tractoriste regarde le rétroviseur droit
Rétroviseur gauche	Le tractoriste regarde le rétroviseur gauche
Écran	Le tractoriste regarde l'écran
Joystick	Le tractoriste regarde le joystick
Commandes	Le tractoriste regarde les commandes
Compteur de vitesse	Le tractoriste regarde le compteur de vitesse
Jauge	Le tractoriste regarde la jauge
Roues	Le tractoriste regarde les roues de devant
Autre	Le tractoriste regarde autre chose que l'ensemble des observables décrits précédemment (radio, téléphone, montre, etc.)

Tableau 11 – Description des observables pour la classe « *direction du regard* »



Observables	Description
Tournière	Le tracteuriste conduit dans une tournière
Rang de vigne	La tracteuriste conduit dans un rang de vigne
Autre	Le tracteuriste conduit dans un autre espace que ceux décrits précédemment (route, parcelle, etc.)

Tableau 12 – Description des observables pour la classe « *espace de conduite* »

À l'issue du codage, le logiciel CAPTIV permet d'obtenir des chroniques d'activité représentant l'enchaînement et l'interruption des classes d'observables (cf. Figure 37). De nombreuses données sont également générées pour chacun des observables comme les durées<sup>144</sup> (% et s) et les effectifs<sup>145</sup> (N). Il est aussi possible d'avoir des informations concernant les simultanés entre les différentes classes d'observables<sup>146</sup> ou encore les transitions<sup>147</sup> entre les différents observables. L'analyse quantitative du comportement visuel a pu être associée à l'analyse qualitative des vidéos réalisées à l'aide des caméras GoPro embarquées dans la cabine. En effet, le logiciel CAPTIV permet de synchroniser simultanément jusqu'à quatre enregistrements vidéo. La synchronisation du codage avec le film de l'oculomètre et des vidéos des caméras GoPro permet alors d'associer des postures au codage réalisé (cf. Figure 37).

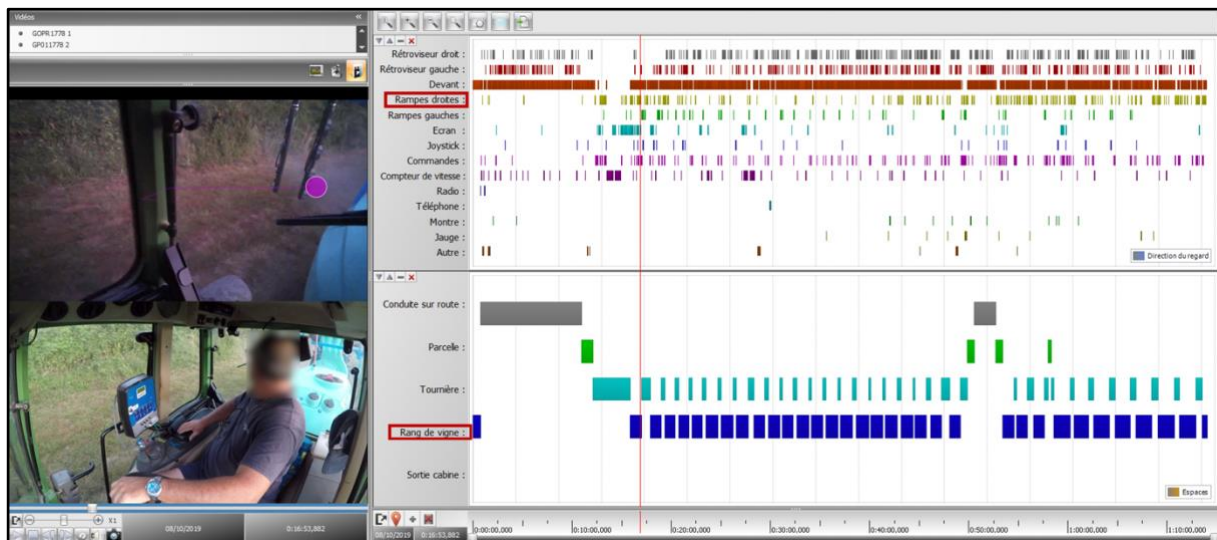


Figure 37 – Capture d'écran du logiciel CAPTIV permettant de visualiser le codage de l'activité associé à la synchronisation des vidéos

<sup>144</sup> Les durées correspondent par exemple au temps passé en % ou en seconde à regarder le rétroviseur droit.

<sup>145</sup> Les effectifs correspondent par exemple au nombre de fois où le tracteuriste a regardé son écran.

<sup>146</sup> Les simultanés permettent par exemple de savoir combien de fois le tracteuriste a regardé son écran dans les tournières.

<sup>147</sup> Les transitions permettent par exemple de savoir que le tracteuriste est plus amené à regarder son écran après avoir regardé son rétroviseur droit.

Au-delà de l'analyse quantitative permise par les statistiques fournies par le logiciel CAPTIV, l'analyse qualitative de la synchronisation des vidéos s'est focalisée sur les postures. Les critères d'analyse de cet observable sont présentés dans le tableau ci-dessous (*cf.* Tableau 13).

<b>Observables</b>	<b>Description</b>	<b>Critères d'analyse</b>
Postures	Le travailleur adopte une posture différente de celle de la conduite qui vise à se tenir droit et à regarder devant	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Décrire le comportement visuel concerné par la posture</li> <li>- Définir les déterminants du pulvérisateur à l'origine de cette posture</li> </ul>

Tableau 13 – Description de l'observable et des critères d'analyse pour les films synchronisés à l'aide du logiciel CAPTIV

Les différentes analyses des observations filmées ont permis de déceler des situations nécessitant une mise en discussion lors des entretiens d'autoconfrontation. Ce sont ces analyses qui ont permis la réalisation du film et des guides d'entretien décrits précédemment.

#### 9.2.3.2. Analyse des entretiens d'autoconfrontation

Les trois entretiens d'autoconfrontation ont été retranscrits intégralement et l'analyse qualitative des verbalisations s'est focalisée sur les extraits d'entretien alimentant les thèmes suivants : les difficultés rencontrées à l'utilisation du pulvérisateur ; les facilités rencontrées lors de l'utilisation du pulvérisateur ; les situations d'exposition aux pesticides rencontrées lors de l'utilisation du pulvérisateur ; les genèses instrumentales ; et les fonctions attendues à l'utilisation du pulvérisateur. En effet, il était fréquent, durant ces entretiens, que les agriculteurs expriment leurs besoins ou les fonctions qu'ils attendent. La description des verbatims recherchés selon les différents thèmes est présentée dans le tableau ci-dessous (*cf.* Tableau 14, p. 158).

Thèmes	Description des verbatims recherchés
Difficultés rencontrées à l'utilisation du pulvérisateur	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La fréquence et le caractère de ces difficultés (variabilités, incidents, pannes, etc.)</li> <li>- Processus de régulation mis en œuvre</li> <li>- Les déterminants du pulvérisateur à l'origine de ces difficultés</li> <li>- Les effets engendrés par ces difficultés</li> </ul>
Facilités rencontrées à l'utilisation du pulvérisateur	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les déterminants du pulvérisateur à l'origine de ces facilités</li> <li>- Les effets engendrés par ces facilités</li> </ul>
Situations d'exposition aux pesticides	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les stratégies mises en place pour faire face à ces situations d'exposition aux pesticides</li> <li>- Les déterminants du pulvérisateur à l'origine de ces situations</li> <li>- Les représentations associées à ces situations</li> </ul>
Genèses instrumentales	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les évolutions données aux schèmes</li> <li>- Les évolutions matérielles et nouvelles fonctions conférées au pulvérisateur</li> <li>- Les déterminants du pulvérisateur à l'origine de ces évolutions</li> </ul>
Fonctions attendues	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La formulation de fonctions attendues au regard de l'intégralité des thèmes précédents</li> </ul>

Tableau 14 – Description des verbatims recherchés selon les thèmes d'analyse des entretiens d'autoconfrontation

### 9.2.3.3. Analyse des prélèvements

Pour l'analyse des prélèvements d'eaux de lavage des mains, il était nécessaire, dans un premier temps, d'obtenir auprès des exploitations concernées le détail des produits pulvérisés sur la saison et non seulement ceux utilisés le jour même. En effet, nous avons fait l'hypothèse que les résidus de produits présents sur le pulvérisateur pouvaient également concerner les produits utilisés lors des traitements précédents. Pour chacun de ces produits, il s'agissait ensuite de recenser l'ensemble des substances actives correspondantes, sachant qu'un produit peut contenir plusieurs substances actives. Une fois réalisée, la liste de ces substances actives a été transmise au laboratoire d'analyse – laboratoire EPOC de l'Université de Bordeaux – en même temps que les échantillons. En considération du domaine d'expertise de ce laboratoire, la totalité des substances actives recensées n'a pas pu être recherchée dans les prélèvements. En effet, sur 42 substances actives, 21 ont pu être extraites des prélèvements. Pour chacune des exploitations, ces substances ainsi que les phrases de risque correspondantes sont décrites au sein de l'Annexe C (*cf.* Annexe C, pp. 380-384).

Pour viser une compréhension systémique des risques de contamination cutanée des tractoristes, les résultats des analyses des prélèvements d'eaux de lavage de mains ont été étudiés en parallèle des analyses des observations filmées et des entretiens d'autoconfrontation décrites précédemment.

### 9.3. Résultats

Eu égard aux objectifs de recherche énoncés précédemment, cette première partie de résultats vise à mettre en visibilité les **situations d'exposition aux pesticides** induites par l'utilisation du pulvérisateur et les **genèses instrumentales** issues de cette même utilisation. Ces résultats sont présentés pour chacune des étapes essentielles à la réalisation du traitement – à savoir la préparation des produits (§9.3.1), la pulvérisation de ces produits sur les parcelles de vigne (§9.3.2) et le nettoyage du matériel (§9.3.3). Pour l'étape de pulvérisation, les résultats concernent également les données recueillies suite à l'analyse des vidéos réalisées en cabine, c'est-à-dire les **difficultés d'usage** rencontrées par l'agriculteur lors de l'activité de conduite. Pour chacun de ces trois éléments (**situations d'exposition aux pesticides**, **genèses instrumentales** et **difficultés d'usage**), les résultats visent à mettre en évidence les déterminants du pulvérisateur à l'origine de ces situations et les enjeux inhérents à la réalisation du traitement. Les **situations d'exposition aux pesticides** identifiées peuvent être **directes** (proximité des voies respiratoires et contact cutané avec les produits) et/ou **indirectes** (contact de l'agriculteur et de ses vêtements avec les surfaces du pulvérisateur). En vue de faciliter la lecture et la compréhension, la mise en forme utilisée ci-dessus est employée tout au long de cette partie.

Compte tenu de la diversité et de la quantité des données obtenues auprès des cinq exploitations viticoles, l'intégralité des analyses réalisées ne peut apparaître au sein de ce manuscrit. Les situations sélectionnées se révèlent alors pertinentes au regard de leur récurrence entre les différentes exploitations et de l'importance formulée par les agriculteurs à l'égard de certaines situations considérées comme des évènements significatifs. Afin d'illustrer au mieux les résultats présentés, les photos sélectionnées sont accompagnées d'extraits d'entretiens quand cela le justifie. En raison des différences de techniques utilisées au sein de chaque exploitation (*cf.* Tableau 9, p. 153), les exploitations 1, 2 et 5 sont plus spécifiquement mises en avant.

### 9.3.1. La préparation des produits

La préparation des produits représente la première étape du traitement. Au cours de cette étape, la préparation peut être réalisée directement dans la cuve ou à l'aide d'un incorporeur, lui-même branché à la cuve du pulvérisateur (cf. Figures 26 et 27, p. 146). Au sein des exploitations 4 et 5 – concernées par l'utilisation d'un incorporeur – la préparation des produits est effectuée par une personne différente de celle qui réalise les deux autres étapes (application et nettoyage).

#### 9.3.1.1. Des situations d'exposition aux pesticides

L'étape de préparation demande d'effectuer de nombreux dosages et de verser des produits conditionnés de différentes façons (cartons, sacs, bidons, etc.) – que ce soit dans la cuve ou dans l'incorporeur. Afin d'améliorer la qualité du mélange, le déversement des produits doit se faire lentement. Cependant, les produits conditionnés peuvent peser jusqu'à 25 kg ce qui **demande généralement à l'agriculteur de prendre appui sur la cuve** (cf. Figure 38). Cet appui est également déterminé par la hauteur de la cuve et la conception du marchepied. En effet, la largeur du marchepied rend parfois difficile la recherche d'équilibre lors du déversement des produits (cf. Figure 39). Cette recherche d'équilibre est d'autant plus délicate que le marchepied est glissant et que l'agriculteur tient un bidon dans chaque main.



Figure 38 – Déversement des produits dans la cuve



Figure 39 – Recherche d'équilibre sur le marchepied

Cette situation s'avère d'autant plus dangereuse lorsque la préparation doit s'effectuer en hauteur. C'est le cas des pulvérisateurs portés où l'agriculteur manipule les produits sur une plateforme. Cette plateforme se révèle être étroite lors de la préparation et aucun espace n'est prévu pour stocker les produits nécessaires au mélange. Pour remédier à cela, l'agriculteur utilise une palette qu'il surélève à l'aide d'un chariot élévateur afin de disposer les produits à côté de la cuve (cf. Figure 40, p. 161). Malgré cette stratégie mise en place, il est tout de même

difficile pour l'agriculteur d'être à l'aise lors de cette manipulation d'autant plus que les EPI portés s'avèrent être inconfortables. Et, nonobstant le port de ces EPI, le viticulteur considère cette **situation exposante**.



Figure 40 – Incorporation des produits dans la cuve sur une plateforme

« C'est jamais confortable là-haut, on est toujours sur un pied plus ou moins [...] on n'est pas franchement à l'aise. »

« C'est une phase où je suis exposé. [...] quand on est en hauteur [...] c'est toujours une période de risques, d'accidents. Après, l'exposition aux produits, malheureusement j'y suis habitué, ça ne me fait plus grand-chose. [...] on a des protections individuelles, mais qui ne sont pas confortables, on a chaud, on respire mal. [...] bon l'exposition est maîtrisée, mais elle n'est pas nulle. »

L'étape de préparation nécessite de réaliser différents contrôles comme l'homogénéité du mélange afin de s'assurer que les produits déversés ne s'agrègent pas au fond de la cuve. Un agglomérat de produits peut avoir comme conséquence de colmater les buses dont les effets sur la qualité du traitement peuvent être importants. En effet, lorsqu'une buse se bouche, une partie de la vigne n'est pas traitée ce qui l'expose à l'apparition de maladies. Pour effectuer ce contrôle, **l'agriculteur est amené à se pencher au-dessus de la cuve et à être en contact avec celle-ci** (cf. Figure 38, p. 160).

Agriculteur

« C'est pour voir si ça se mélange bien [...] s'il y a trop de pâte, on se méfie toujours de ça. Ça dépend des produits, il y a des produits qui se mélangent très très bien et d'autres qui sont pénibles. »

Lors de la préparation, le remplissage de la cuve en eau claire n'est pas toujours rendu facile en raison du tuyau d'eau qu'il faut pouvoir tenir tout en vérifiant et en actionnant différents paramètres. Dans le cas des pulvérisateurs portés et automoteurs, l'insertion du tuyau d'eau dans la cuve **demande au tractoriste de monter sur son pulvérisateur**. Tout en tenant le tuyau d'eau, **le tractoriste est alors amené à trouver des prises de façon à escalader le pulvérisateur dont les surfaces sont potentiellement glissantes** (cf. Figure 41, p. 162). Dans cette situation, l'agriculteur cherche à gagner du temps en raison des fenêtres temporelles relativement courtes pour réaliser les traitements. En effet, selon les conditions météorologiques passées ou à venir, il faut agir vite afin d'assurer la qualité du traitement.





Figure 41 – Insertion du tuyau d'eau dans la cuve du pulvérisateur

« Je me suis déjà fait mal [...] c'est bête à dire mais on se fait toujours mal d'une manière ou d'une autre sur le long terme [...] on pourrait peut-être installer une échelle encore que, je ne suis pas sûr qu'elle serait adaptée vu le relief de la machine. [...] l'objectif c'est d'aller vite. C'est toujours les mêmes problématiques, surtout pour les questions de traitement, c'est intervenir le plus rapidement possible. Une journée ça représente un tout petit laps de temps pour un traitement... on est dans l'économie de temps. »

Lors de l'étape de préparation, il est également nécessaire – pour certaines exploitations – de remettre les filtres et les buses sur les descentes. En effet, afin d'être nettoyés, ces organes ont été retirés au traitement précédent. Cependant, compte tenu de leur petitesse et du fait du dessèchement des produits, ils sont difficiles à repositionner pour l'agriculteur ce qui **l'amène à passer du temps à manipuler ces éléments**. Au regard de ces difficultés, **les gants de l'agriculteur se sont cassés pendant la manipulation**. De plus, **l'agriculteur se trouve entre les panneaux récupérateurs imprégnés de produits** malgré le nettoyage réalisé à l'issue du traitement précédent (cf. Figure 42). Sur la figure ci-dessous, il est possible de voir des traces de produits sur l'épaule droite de l'agriculteur.



Figure 42 – L'agriculteur remet les filtres et les buses sur les descentes à l'intérieur des panneaux récupérateurs

« Ils [buses et filtres] sont engorgés. Ils sont rêches, ils font mal, c'est ultra douloureux à serrer et à desserrer, c'est une galère. Enfin, tu te fais vraiment mal aux mains aussi. Et puis c'est extrêmement minutieux. »

« Moi à chaque fois que j'ai besoin de rentrer entre les panneaux de récupération... même si j'ai la protection complète [...] j'ai tout le temps l'impression d'être en contact avec le produit même avec des combinaisons, les masques, avec les lunettes. D'une manière ou d'une autre j'en ramène toujours que ce soit dans ma voiture ou chez moi, j'ai toujours ces odeurs, toujours la sensation d'en avoir un peu sur moi. »

Les prélèvements d'eaux de lavage de mains réalisés permettent d'apporter des données quantitatives aux situations d'exposition aux pesticides identifiées précédemment. En effet, le premier prélèvement effectué permet de quantifier la concentration de résidus de pesticides présents sur les mains de l'agriculteur à l'issue de la préparation (*cf.* Figure 33, p. 150). Pour les trois exploitations concernées par les prélèvements (*cf.* Tableau 9, p. 153), les résultats des analyses menées en laboratoire mettent en évidence que les agriculteurs ont des résidus de pesticides sur les mains avant d'effectuer l'étape de pulvérisation. Il se trouve cependant que les tractoristes des exploitations 4 et 5 n'ont pas réalisé directement la préparation. Pour ces deux exploitations, les résidus de pesticides présents sur les mains des agriculteurs sont dus aux contacts avec le pulvérisateur. Cela est d'autant plus mis en évidence que les concentrations mesurées dans les prélèvements concernent les produits utilisés le jour même, mais également ceux utilisés lors des traitements précédents. Ces résultats mettent d'ores et déjà en avant que le pulvérisateur est un déterminant des situations d'exposition aux pesticides compte tenu des concentrations de résidus mesurées dans les prélèvements d'eaux de lavage de mains.

Au sein de l'exploitation 1, la préparation a été réalisée directement dans la cuve par le tractoriste. Compte tenu de la présence de résidus dans le prélèvement d'eaux de lavage de mains (*cf.* Tableau 15, p. 164), les différentes situations d'exposition aux pesticides mentionnées précédemment présentent un risque de contamination cutanée. Les concentrations des substances actives extraites concernent les produits utilisés le jour même (encadrés en rouge dans le tableau ci-après), mais également les produits utilisés aux traitements précédents (les autres). Cela permet d'avancer que les résidus de pesticides présents sur le pulvérisateur engendrent un risque de contamination cutanée avec des effets potentiels sur la santé humaine (*cf.* Annexe C, Tableau 49, pp. 380-381). Pour les substances actives appartenant aux produits utilisés le jour même (encadrés en rouge), les concentrations s'avèrent nettement supérieures aux autres. Le tractoriste a lui-même effectué la préparation ce qui pourrait expliquer ce résultat. En effet, contrairement aux exploitations 4 et 5, l'agriculteur est davantage soumis aux situations d'exposition directe compte tenu – par exemple – des risques d'éclaboussures.



Substances actives	Concentration à la fin de la préparation (ng.L <sup>-1</sup> )
Cyazofamide	60
Deltaméthrine	14
Difénoconazole	903
Diméthomorphe	13
Fluopicolide	2695
Fosétyl	914
Lambda-cyhalothrine	489
Mandipropamid	2619
Métalaxyl-M	110
Métrafénone	694
Pyriméthanil	374
Quinoxyfène	24307
Trifloxystrobine	56
Zoxamide	29339

Tableau 15 – Concentration de substances actives présentes dans les eaux de lavage de mains à la fin de la préparation (Exp1)

Au sein de l'exploitation 4, le tractoriste n'a pas réalisé lui-même la préparation. Cependant, compte tenu de la présence de résidus dans le prélèvement d'eaux de lavage de mains (*cf.* Tableau 16, p. 165), les différentes situations d'exposition aux pesticides liées aux contacts avec le pulvérisateur présentent un risque de contamination cutanée. Les concentrations des substances actives extraites concernent les produits utilisés le jour même (encadrés en rouge dans le tableau ci-après), mais également les produits utilisés aux traitements précédents (les autres). Cela permet d'avancer que les résidus de pesticides présents sur le pulvérisateur engendrent un risque de contamination cutanée avec des effets potentiels sur la santé humaine (*cf.* Annexe C, Tableau 50, pp. 382-383). Contrairement à l'exploitation 1, les concentrations des substances actives appartenant aux produits utilisés le jour même ne sont pas nettement supérieures aux autres. Le tractoriste n'a pas effectué lui-même la préparation ce qui pourrait expliquer ce résultat. La concentration importante de « *fosétyl* » pourrait quant à elle s'expliquer en raison du fait que cette substance est contenue dans trois produits différents.

<b>Substances actives</b>	<b>Concentration à la fin de la préparation (ng.L<sup>-1</sup>)</b>
Amétoctradine	63
Cyflufénamide	52
Difénoconazole	131
Diméthomorphe	77
Fenbuconazole	137
Fluopicolide	585
Fluopyram	156
Fosétyl	41858
Tébuconazole	1063
Tétraconazole	28
Trifloxystrobine	453
Zoxamide	81

Tableau 16 – Concentration de substances actives présentes dans les eaux de lavage de mains à la fin de la préparation (Exp4)

Comme pour l'exploitation 4, le tractoriste de l'exploitation 5 n'a pas réalisé lui-même la préparation. Et, compte tenu de la présence de résidus dans le prélèvement d'eaux de lavage de mains (*cf.* Tableau 17), les différentes situations d'exposition aux pesticides liées aux contacts avec le pulvérisateur présentent également un risque de contamination cutanée. Les concentrations ne concernent que les substances actives appartenant aux produits utilisés lors des traitements précédents. En effet, les techniques d'extraction du laboratoire ne permettaient pas d'obtenir des concentrations pour les substances actives appartenant aux produits utilisés le jour même. Même si les produits utilisés au sein de l'exploitation 5 présentent moins de risques pour la santé humaine que ceux utilisés dans les deux autres exploitations (*cf.* Annexe C, Tableau 51, p. 384), les résultats mettent tout de même en évidence que les résidus de pesticides présents sur le pulvérisateur engendrent un risque de contamination cutanée.

<b>Substances actives</b>	<b>Concentration à la fin de la préparation (ng.L<sup>-1</sup>)</b>
Amétoctradine	4159
Cyazofamide	139
Cyflufénamide	78
Difénoconazole	196
Diméthomorphe	1639
Fluopicolide	918
Fosétyl	94
Métrafénone	80
Tau-fluvalinate	48

Tableau 17 – Concentration de substances actives présentes dans les eaux de lavage de mains à la fin de la préparation (Exp5 – 12 juillet 2019)

Pour rappel, l'organisation des prélèvements réalisés au sein de l'exploitation 5, le 11 juillet 2019 (cf. Figure 36, p. 152), a été différente en raison des difficultés rencontrées juste avant le départ pour l'application des produits. En effet, les bâches – situées au-dessus des panneaux récupérateurs – s'étaient détachées lors du traitement précédent. Cela a **demandé à l'agriculteur d'intervenir à l'intérieur des panneaux récupérateurs pour rattacher ces bâches** (cf. Figure 43).



Figure 43 – Réparation des bâches

« Lorsque le pulvé est en action, il y a possibilité que cette bâche vienne percuter ou un piquet ou une branche. Le dispositif franchement n'est pas solide du tout. Il est relié avec des petits tendeurs donc qui ont tendance à s'user, à se déchirer donc on peut les changer mais c'est très très difficile à replacer en fait. [...] et puis en termes d'expo, c'est une horreur. J'en ai plein les cheveux parce que ça engrange une énorme quantité de produits en fait ces bâches et elles sont extrêmement difficiles à nettoyer depuis l'intérieur de la cellule. [...] c'est pas fiable, pas solide et ça demande beaucoup d'efforts pour les remettre quand on y arrive. »

Les analyses des prélèvements réalisés à l'issue de la préparation et des réparations (cf. Tableau 18) mettent en évidence que les interventions effectuées au niveau des bâches entraînent un risque de contamination cutanée. Ce risque est d'autant plus important que les concentrations mesurées suite aux réparations sont 3 à 43 fois supérieures à celles mesurées à l'issue de la préparation.

Substances actives	Concentration à la fin de la préparation (ng.L <sup>-1</sup> )	Concentration à la fin des réparations (ng.L <sup>-1</sup> )
Amétoctradine	4188	14238
Cyazofamide	623	26896
Cyflufenamide	45	1367
Difénoconazole	171	4653
Diméthomorphe	1206	24481
Fluopicolide	649	17353
Fosétyl	291	1318
Métrafénone	70	1541
Tau-fluvalinate	31	501

Tableau 18 – Concentration de substances actives présentes dans les eaux de lavage de mains à la fin de la préparation et à la fin des réparations (Exp5 – 11 juillet 2019)

### 9.3.1.2. Des genèses instrumentales

Au cours de la préparation des produits, les analyses menées ont également mis en évidence des genèses instrumentales. Par exemple, **le couvercle de la cuve n'est pas muni de poignées ce qui a demandé à l'agriculteur de faire évoluer ses schèmes d'utilisation**. Néanmoins, cette genèse instrumentale est à l'origine d'une situation d'exposition indirecte aux pesticides. En effet, **l'agriculteur a besoin de prendre appui contre la surface de la cuve** pour engager la force nécessaire lors de l'ouverture du couvercle (cf. Figure 44).



Figure 44 – Ouverture du couvercle de la cuve

« Oui, il y a pas de poignées, ça a toujours été comme ça et c'est vrai que s'il y avait des poignées, ça serait bien. Pour le confort. Après, c'est du confort mais c'est bien d'avoir du confort en fin de journée, quand on a fait 10 ou 12h de boulot. »

Ces genèses instrumentales à l'origine de situations d'exposition aux pesticides s'observent aussi lorsque **l'agriculteur monte sur le pulvérisateur afin d'insérer le tuyau d'eau dans la cuve** (cf. Figure 41, p. 162).

Agriculteur

« En gros ce qui se passe, c'est que je prends le tuyau d'eau, je monte avec le tuyau d'eau, je le mets dans la cuve de rinçage, je redescends, j'ouvre, je remplis et ensuite je remonte, je sors le tuyau et je referme l'opercule. »

Même si cela relève d'un processus d'instrumentation compte tenu de l'évolution des schèmes d'utilisation de l'agriculteur, cela entraîne également des risques de chute et une situation d'exposition indirecte aux pesticides. En montant ainsi sur le pulvérisateur afin d'atteindre la cuve, l'agriculteur confère aussi de nouvelles fonctions à son matériel **en utilisant les organes et les recoins de ce dernier telles des prises pour positionner ses pieds**. Il s'agit alors d'un processus d'instrumentalisation.

Ce type de processus s'observe aussi lorsqu'il s'agit de maintenir le tuyau d'eau en place lors du remplissage de la cuve en eau. Pour cela, **les agriculteurs utilisent le tamis initialement prévu pour filtrer les produits** (cf. Figure 45, p. 168). Cette stratégie permet aux agriculteurs de faire autre chose le temps que la cuve se remplisse en eau claire. Ce processus

d'instrumentalisation peut aussi être qualifié de catachrèse. En effet, le tamis est détourné des fonctions initialement prévues par les concepteurs.



Figure 45 – Utilisation du tamis pour bloquer le tuyau d'eau lors du remplissage

### 9.3.2. L'application des produits

L'application des produits représente la deuxième étape du traitement. Cette étape équivaut à une phase de conduite où le tractoriste, tout en conduisant, utilise les commandes de la cabine pour contrôler et régler la pulvérisation. Selon les caractéristiques des exploitations et des pulvérisateurs, cette étape s'avère être plus ou moins longue. En effet, le nombre d'hectares, la capacité de la cuve ou encore le nombre de rangs traités simultanément par le pulvérisateur sont des facteurs qui influent sur la durée de cette étape.

#### 9.3.2.1. Des difficultés d'usage

L'analyse de l'activité effectuée grâce aux films réalisés en cabine (GoPro et oculomètre) vise à mettre en visibilité les **difficultés d'usage** rencontrées par les tractoristes. Pour rappel, les hypothèses spécifiques à cette étape sont les suivantes :

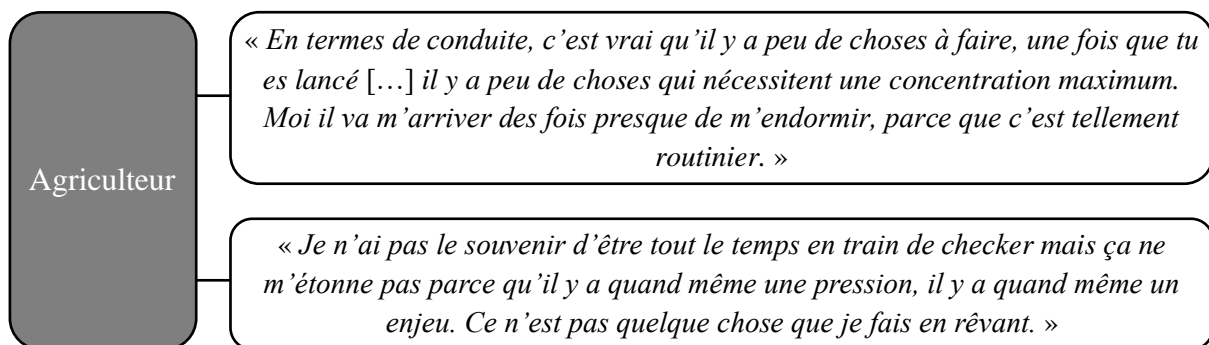
- L'activité de conduite du tractoriste se traduirait par une multitude de prises d'informations visuelles – nécessaires à la réalisation d'un traitement de qualité – mais révélatrices de difficultés d'usage.
- Ces prises d'informations et les difficultés associées seraient différentes selon l'endroit dans lequel se trouverait le pulvérisateur (rang de vigne, tournière, route, etc.).

Les données obtenues suite au codage de l'activité avec le logiciel CAPTIV mettent en évidence que l'application des produits se révèle être une étape où les prises d'informations visuelles sont très fréquentes (*cf.* Tableau 19, p. 169).

Exploitations	Durée de l'enregistrement (h : min)	Nombre de prises d'informations visuelles
Exp1	1 : 14	2 264
Exp3	0 : 40	712
Exp5	1 : 04	1 168

Tableau 19 – Effectifs totaux selon la durée respective des enregistrements de chacune des exploitations

Pour les trois exploitations concernées par l'utilisation de l'oculomètre, les tractoristes changent de direction de regard en moyenne toutes les trois secondes. L'activité du tractoriste lors de l'étape de pulvérisation se révèle complexe en raison des enjeux importants liés au contrôle et au réglage de la pulvérisation. Un incident qui survient durant cette étape peut avoir de lourds impacts quant à la qualité de la protection des vignes contre l'apparition de maladies. Même si cette étape est généralement considérée comme ennuyeuse et routinière par les agriculteurs, les résultats mettent en évidence une activité cognitive importante. Les entretiens d'autoconfrontation ont permis à un agriculteur de prendre conscience de cette activité comme l'illustre l'évolution suivante de ses propos.



Les résultats obtenus à la suite de l'analyse des films réalisés à l'aide de l'oculomètre permettent de distinguer trois activités lors de l'étape d'application : une activité de guidage, une activité de contrôle et une activité de réglage. Les observables associés à ces trois activités sont décrits dans le tableau ci-après (cf. Tableau 20).

Activité	Observables associés
Guidage	Devant et roues
Contrôle	Descentes droites, descentes gauches, rétroviseur droit, rétroviseur gauche, écran, compteur de vitesse et jauge
Réglage	Joystick et commandes
Autre	Autre

Tableau 20 – Observables associés aux différentes activités lors de l'étape de pulvérisation pour la classe « direction du regard »



Toutefois, il convient de mentionner la limite à considérer les activités de réglages par le seul fait que l'agriculteur actionne les commandes ou le joystick en les regardant. En effet, une activité de réglage n'implique pas systématiquement une prise d'information visuelle. Compte tenu de la méthodologie mise en place, les activités de réglage dissociées d'une prise d'information visuelle ne peuvent pas être prises en compte. Les tableaux ci-après (cf. Tableaux 21, 22 et 23, p. 171) présentent les principaux résultats issus des données quantitatives générées par le logiciel CAPTIV.

Le premier tableau ci-après (cf. Tableau 21, p. 171) présente les répartitions en pourcentage du temps passé à réaliser chacune des activités. Pour les trois exploitations, l'activité de guidage représente plus de la moitié du temps (cf. Figure 46).



Figure 46 – Regard orienté devant pour l'activité de guidage

Même si l'activité de guidage représente la majeure partie du temps, les activités de contrôle et de réglage (cf. Figures 47 et 48) sont primordiales pour assurer la qualité de la pulvérisation sur les parcelles de vigne. Toutefois, le temps passé à réaliser ces activités diffère selon les exploitations – et plus spécifiquement selon les pulvérisateurs utilisés.



Figure 47 – Regard orienté sur l'écran pour l'activité de contrôle

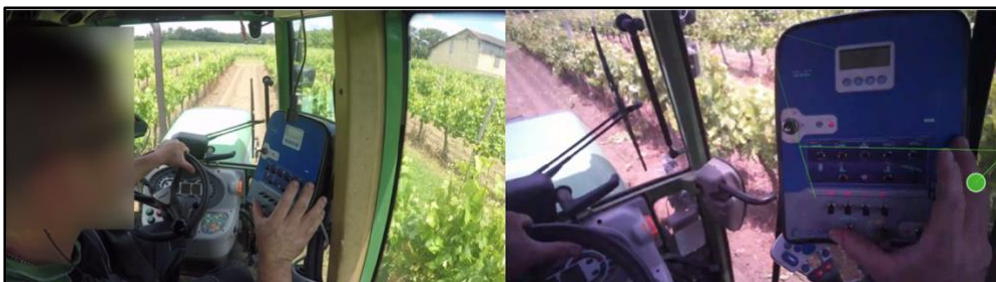


Figure 48 – Regard orienté sur les commandes pour l'activité de réglage

<b>Exploitations</b>	<b>Activité de guidage</b>	<b>Activité de contrôle</b>	<b>Activité de réglage</b>	<b>Autre</b>
Exp1	58 %	35 %	5 %	2 %
Exp3	68 %	25 %	5 %	2 %
Exp5	74 %	18 %	1 %	7 %

Tableau 21 – Temps (%) passé à réaliser chacune des activités

<b>Exploitations</b>	<b>Rétroviseur droit</b>	<b>Rétroviseur gauche</b>	<b>Descentes droites</b>	<b>Descentes gauches</b>	<b>Écran</b>	<b>Compteur de vitesse</b>	<b>Jauge</b>
Exp1 (1h14)	300	296	224	76	71	76	10
Exp3 (40 min)	48	61	145	10	27	8	0
Exp5 (1h04)	102	135	2	0	270	0	0

Tableau 22 – Effectifs (N) pour chacun des observables appartenant à l'activité de contrôle

<b>Exploitations</b>	<b>Activité de guidage</b>			<b>Activité de contrôle</b>			<b>Activité de réglage</b>		
	<b>Rang de vigne</b>	<b>Tournière</b>	<b>Autre</b>	<b>Rang de vigne</b>	<b>Tournière</b>	<b>Autre</b>	<b>Rang de vigne</b>	<b>Tournière</b>	<b>Autre</b>
Exp1	55 %	19 %	26 %	61 %	28 %	11 %	29 %	59 %	12 %
Exp3	84 %	10 %	6 %	67 %	22 %	11 %	55 %	22 %	77 %
Exp5	69 %	19 %	12 %	42 %	40 %	18 %	11 %	79 %	10 %

Tableau 23 – Temps (%) passé à réaliser chacune des activités selon l'espace de conduite



L'activité de contrôle – qui vise par exemple à regarder les descentes ou les rétroviseurs – constitue la deuxième activité qui occupe le plus de temps après l'activité de guidage (cf. Tableau 21, p. 171). Alors que le temps passé à l'activité de guidage représente quasiment les  $\frac{3}{4}$  du temps pour le tractoriste de l'exploitation 5, le temps alloué à l'activité de contrôle se révèle quant à lui inférieur en comparaison des deux autres exploitations. Cela peut s'expliquer par le niveau d'automatisation présent au sein du pulvérisateur de l'exploitation 5. En effet, ce dernier comporte de nombreuses technologies (GPS, système ISOBUS, etc.) permettant par exemple l'ouverture et la fermeture automatiques de la pulvérisation en fonction de la cartographie des parcelles ou encore le réglage automatique de la hauteur des descentes en fonction du sol. Ce niveau d'automatisation explique également le faible temps passé à réaliser des réglages. Effectivement, alors que les tractoristes des exploitations 1 et 3 accordent 5% du temps à l'activité de réglage, pour le tractoriste de l'exploitation 5, il ne s'agit que de 1%.

En s'intéressant au temps passé à la réalisation de chacune des activités, il est prématuré de mettre en évidence des **difficultés d'usage** rencontrées par les agriculteurs. En revanche, compte tenu de la diversité des observables associés à l'activité de contrôle (cf. Tableau 20, p. 169), il convient de porter plus spécifiquement l'attention sur cette activité. Le deuxième tableau ci-dessus (cf. Tableau 22, p. 171) présente les effectifs de chacun des observables concernés par l'activité de contrôle selon la durée d'enregistrement réalisée dans les exploitations. Ces données mettent en évidence l'importance de l'activité de contrôle au regard des effectifs, en particulier ceux qui concernent les rétroviseurs, les descentes et l'écran. Alors que pour les exploitations 1 et 3, les rétroviseurs et les descentes droites sont les éléments les plus regardés, pour l'exploitation 5, il s'agit avant tout des rétroviseurs et de l'écran. Même si les prises d'informations sur l'écran sont inférieures pour les exploitations 1 et 3 en comparaison de l'exploitation 5, elles restent cependant essentielles pour les tractoristes afin de contrôler le débit, la pression, la vitesse d'avancement ou encore l'écartement entre les descentes. Par exemple, le contrôle de la pression sur l'écran permet de vérifier qu'une buse n'est pas bouchée.

Agriculteur

*« Après on le voit s'il y a un jet qui se bouche, je le vois après à la pression, je le vois à la pression. [...] si ma pression augmente, c'est qu'il y a moins de débit derrière. Donc là, c'est ça qui nous donne l'alerte après. »*

Cependant, pour ces deux exploitations, l'écran présent en cabine se révèle être trop petit **ce qui rend difficile la lecture de ces différentes informations** et ce d'autant plus lorsque la luminosité due au soleil est importante (cf. Figure 49, p. 173).



Figure 49 – Lecture difficile des informations à l'écran

« On n'y voit rien sur cet écran [...] dès qu'il y a un peu trop de luminosité, on n'y voit plus rien. [...] L'éclairage est trop faible, ça c'est vraiment un défaut [...] le moindre soleil, on est mort. [...] alors moi je suis obligé de porter des lunettes de vue pour ça, c'est abusé. »

Pour les exploitations 1 et 3, le contrôle du fonctionnement de la pulvérisation s'effectue principalement grâce aux rétroviseurs et aux descentes. Compte tenu de leur taille et de l'évolution de la végétation au cours de la saison, les rétroviseurs ne permettent pas d'assurer à eux seuls le contrôle de la pulvérisation. Les tractoristes sont donc amenés à **se retourner régulièrement dans la cabine pour réaliser ce contrôle en regardant directement les descentes droites et gauches** (cf. Figures 50 et 51).



Figure 50 – Contrôle de la pulvérisation sur les descentes droites

« Il y a des jets, on ne les voit pas, ceux qui sont derrière le pulvé, on ne les voit pas et suivant le soleil, on ne sait pas [...] je me retourne beaucoup, c'est plus fiable car les rétros sont petits. »

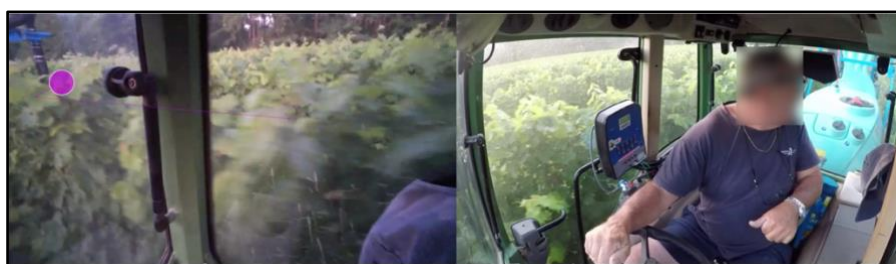


Figure 51 – Contrôle de la pulvérisation sur les descentes gauches

« Je regarde si mes jets sont bien dirigés, si ça pulvérise bien sur toute la surface. [...] sur un pulvé, on a toujours les yeux derrière, c'est obligé, le contrôle des jets en permanence. »

Ce contrôle permet à l'agriculteur de vérifier que les buses ne sont pas bouchées. De plus, cela représente une occasion de contrôler le passage des descentes dans les rangs de vigne et les tournières afin de prévenir un accrochage avec des piquets ou des arbres. Ce contrôle implique cependant des **rotations au niveau du tronc et de la nuque** (cf. Figures 50 et 51). Par exemple, au sein de l'exploitation 1, **le tractoriste regarde ses descentes droites environ toutes les 20 secondes**. Sur une journée de 8h, les effectifs peuvent donc quasiment s'élever à 1500. Même

si cela s'avère être pénible pour les tractoristes, ce contrôle direct est essentiel pour assurer la qualité du traitement au regard du manque de confiance accordé à la fiabilité du matériel.

Agriculteur

« On devrait faire confiance, mais les yeux c'est mieux. »

En ce qui concerne les différences d'effectifs entre les descentes droites et gauches, cela peut s'expliquer par la position des commandes au sein de la cabine. En effet, cela implique une **position naturellement orientée vers la droite** (cf. Figure 46, p. 170).

Agriculteur

« On est déjà tourné, dans le tracteur on est toujours de biais [...] c'est plus facile de regarder à droite que de regarder à gauche [...] parce que j'ai tout [commandes] ici. »

Pour ces mêmes exploitations (1 et 3), l'activité de contrôle concerne également le compteur de vitesse. En effet, il est important pour les tractoristes – et ce plus spécifiquement pour l'exploitation 1 – de vérifier la vitesse d'avancement du tracteur (cf. Figure 52). En effet, des **écarts peuvent apparaître entre la vitesse du tracteur et celle affichée sur l'écran du pulvérisateur**. Compte tenu des différences de systèmes de régulation d'un pulvérisateur à l'autre, le volume de produit consommé à l'hectare peut ne pas être régulier si la vitesse d'avancement n'est pas constante.

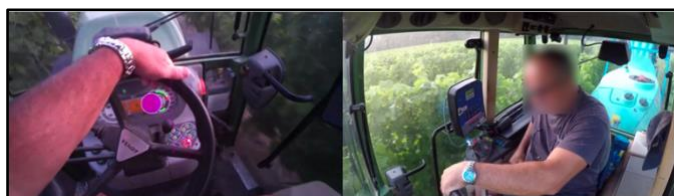


Figure 52 – Contrôle sur le compteur de vitesse

« Si je roule moins vite, je consomme davantage donc faut juste que je sois obligé de respecter ma vitesse et ça c'est obligatoire [...] je regarde si on est bien à 6km/h par rapport au pulvé. Alors des fois, je vais à 6,2 pour être à 6 parce que je pense que le tracteur il va un peu moins vite. »

Enfin, il convient de mentionner que, pour l'exploitation 1, l'activité de contrôle se caractérise également par des regards portés sur la jauge positionnée à l'arrière sur la cuve du pulvérisateur. Étant donné que le pulvérisateur ne permet pas d'avoir un retour d'information en cabine pour le volume de produits restant dans la cuve, le tractoriste est amené – à l'instar des descentes droites et gauches – à se **retourner pour contrôler le volume** (cf. Figure 53).

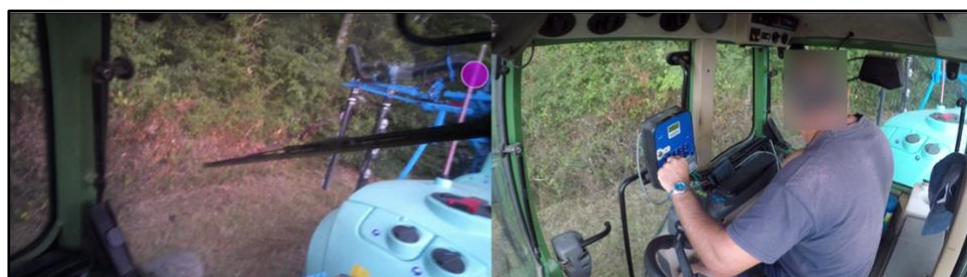


Figure 53 – Contrôle sur la jauge du volume de produits restant dans la cuve

L'activité de contrôle ainsi détaillée pour les tractoristes des exploitations 1 et 3 diffère pour l'agriculteur de l'exploitation 5 compte tenu des caractéristiques du pulvérisateur. En effet, il s'agit d'un pulvérisateur automoteur dont l'envergure et les niveaux d'automatisation sont plus importants. L'activité de contrôle est alors essentiellement représentée par des regards portés sur les rétroviseurs et l'écran. Les rétroviseurs permettent au tractoriste de vérifier le passage des panneaux récupérateurs extérieurs dans les rangs de vigne et les tournières afin d'ajuster le guidage du pulvérisateur (cf. Figure 54). Cette vérification est aussi l'occasion de contrôler l'état de ces panneaux du fait qu'il n'est pas rare qu'ils heurtent le sol ou un obstacle.



Figure 54 – Contrôle du panneau récupérateur extérieur droit sur le rétroviseur droit

« Ils [les rétroviseurs] me donnent un regard sur les panneaux, c'est comme ça que je vois si j'ai un panneau qui est tordu [...] j'ai toujours cette inquiétude-là [...] c'est pour ça que je regarde tout le temps dans les rétroviseurs. »

« C'est pas tant la qualité de pulvé parce que je vois rien [...] globalement c'est surtout pour voir si les panneaux sont bien en place, bien dans l'axe, si je n'ai pas besoin de modifier ma conduite, mon positionnement dans le rang. »

Cependant, la taille des rétroviseurs **ne permet pas à l'agriculteur de réaliser son activité de contrôle sur la totalité des organes du pulvérisateur.**

Agriculteur

« Plus ils [les rétroviseurs] sont gros mieux c'est, mais après le problème c'est qu'ils sont hors gabarit de machine donc ils sont tout le temps en train d'être touchés par quelque chose. Il faudrait qu'on puisse voir tous les organes du pulvé. »

Compte tenu de l'envergure de l'appareil et de la présence de panneaux récupérateurs, **le contrôle direct du fonctionnement de la pulvérisation n'est par exemple pas possible** depuis la cabine contrairement aux exploitations 1 et 3. L'activité de contrôle se traduit alors principalement par des regards portés sur l'écran. En effet, le tractoriste est amené à regarder l'écran environ toutes les 15 secondes. Même si **les contrôles directs sont rendus plus difficiles**, le niveau de technologie permet d'afficher plus d'informations sur l'écran en cabine afin d'assurer la qualité du traitement.



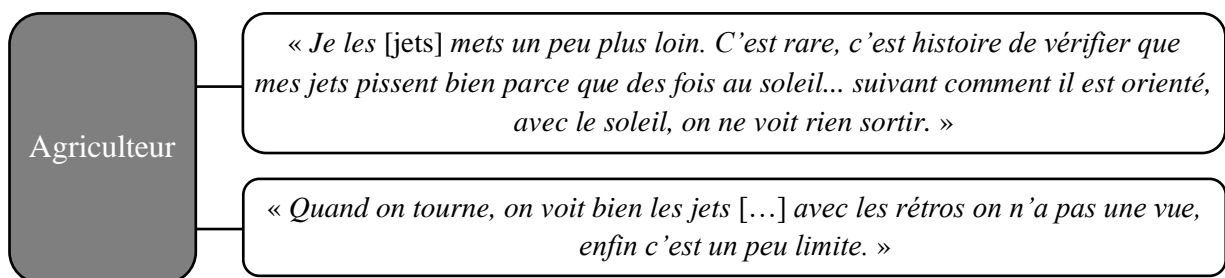
Le troisième tableau (cf. Tableau 23, p. 171) vise à répondre à la deuxième hypothèse. En effet, ce tableau présente le temps passé pour chacune des activités (guidage, contrôle ou réglage) en fonction de l'espace (rang de vigne ou tournière) où se trouve le pulvérisateur. Dans un premier temps, les données obtenues mettent en évidence que les activités de guidage et de contrôle sont majoritairement réalisées dans les rangs de vigne. En comparaison de ces deux activités, les contrôles s'avèrent tout de même supérieurs dans les tournières. En effet, lorsque le tractoriste tourne pour entrer dans un nouveau rang, il est important pour lui de vérifier que les descentes n'accrochent pas un obstacle (cf. Figure 55). Cela implique cependant de **se retourner en adoptant les mêmes postures** mentionnées précédemment.



Figure 55 – Contrôle du passage des descentes droites dans les tournières

« Si ça passe, si on tourne bien, si faut fermer ou pas. [...] le plus facile pour nous c'est ça [se retourner], on est plus à l'aise et surtout pour fermer la rampe, on voit mieux. »

Dans les tournières, c'est aussi l'occasion pour le tractoriste de contrôler le fonctionnement de la pulvérisation. En effet, compte tenu de l'absence de végétation, de l'orientation du soleil et du rapprochement des descentes au niveau de la cabine, il est plus simple de réaliser ce contrôle en tournant (cf. Figure 55). Les rétroviseurs ne permettent pas ce contrôle ce qui implique une nouvelle fois des **rotations au niveau du tronc et de la nuque**. De plus, cela demande de laisser la pulvérisation ouverte dans les tournières malgré l'absence de vigne.



Pour l'exploitation 5, l'activité de contrôle est plus importante dans les tournières en comparaison des deux autres exploitations. Même si le niveau d'automatisation est plus conséquent, le tractoriste a **besoin de vérifier la fermeture de la pulvérisation** dès lors qu'il a désactivé le paramétrage automatique (cf. Figure 56, p. 177).



« Je vérifie que les buses sont bien coupées. Si je ne suis pas en paramétrage automatique, il peut arriver que j'oublie de couper les buses en tournant [...] même si c'est juste de la vérification, je le fais souvent. »

Figure 56 – Contrôle sur l'écran de la fermeture de la pulvérisation dans les tournières

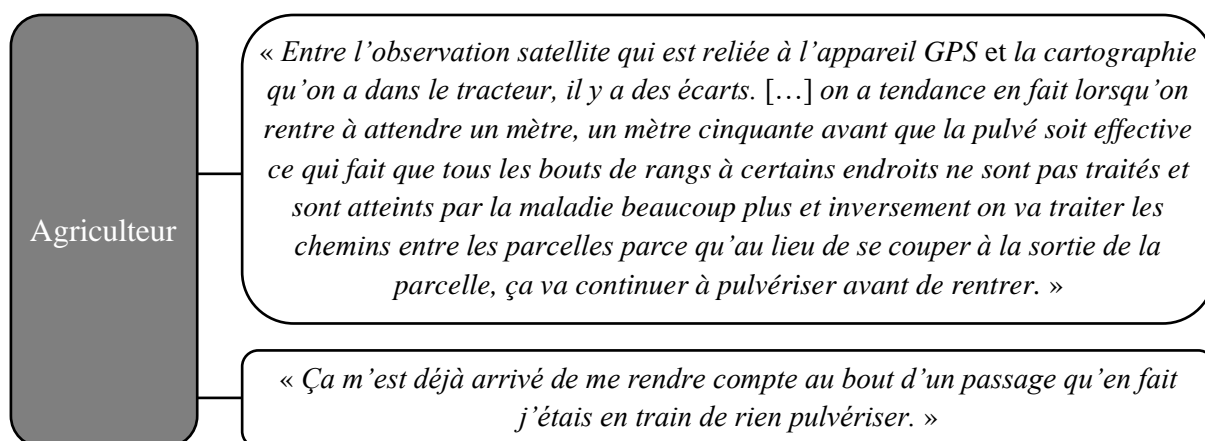
Contrairement aux activités de guidage et de contrôle, l'activité de réglage est quant à elle plus importante dans les tournières pour les exploitations 1 et 5. L'absence de réalisation d'entretien d'autoconfrontation avec le tractoriste de l'exploitation 3 rend difficile la compréhension de cette différence. En revanche, pour ce qui est des exploitations 1 et 5, cela s'explique par la nécessité pour le tractoriste d'ouvrir ou de fermer la pulvérisation, d'ouvrir ou de fermer les descentes selon la présence d'obstacles, etc.

Au vu des différences alors présentées entre les exploitations, les résultats pourraient avoir tendance à montrer davantage de facilités d'usage pour le pulvérisateur muni d'un niveau d'automatisation supérieur. Cependant, les analyses menées sur l'intégralité des étapes du traitement ne confirment pas cette conclusion. En effet, les incidents et les pannes liés aux technologies intégrées dans le pulvérisateur sont très fréquents.

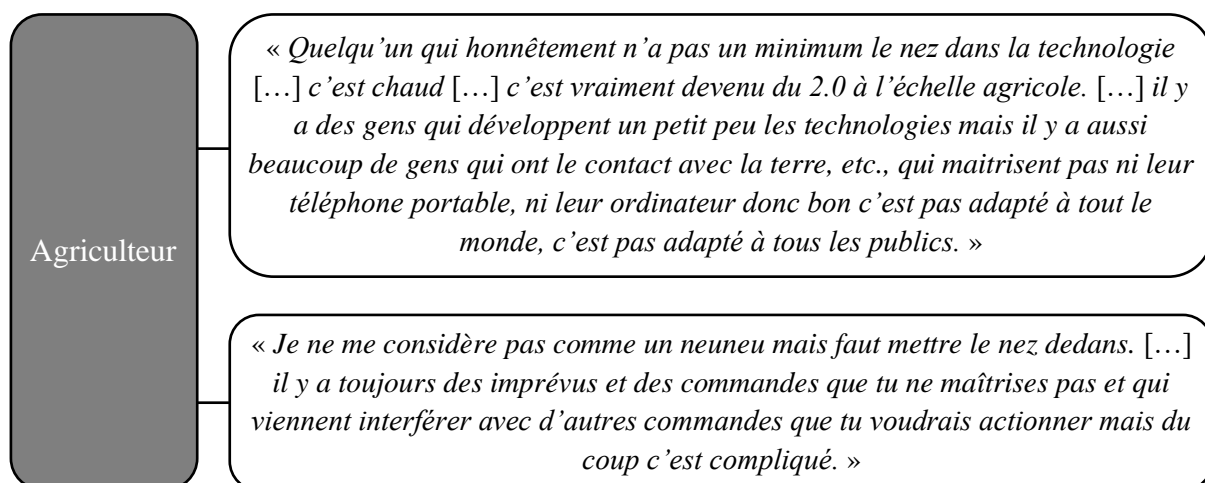
Agriculteur

« On est censé être au top mais [...] on a quand même beaucoup de problématiques. »

Les problématiques mentionnées par le tractoriste concernent principalement les capteurs nécessaires au bon fonctionnement des différentes technologies intégrées. L'économie de temps lors de la réalisation d'un traitement se révèle primordiale d'autant plus que les agriculteurs sont fortement tributaires des conditions météorologiques. Cependant, **les pannes et incidents rencontrés peuvent faire perdre un temps considérable** à l'agriculteur. Par exemple, avant de réaliser l'étape de pulvérisation, le **tractoriste peut rester bloqué pendant quelques dizaines de minutes à attendre que le signal GPS capte la position du pulvérisateur**. En plus de retards accumulés, certains incidents peuvent voir des répercussions sur la qualité du traitement et l'environnement. En effet, des écarts métriques sont susceptibles d'apparaître entre le pulvérisateur et le GPS lors de l'ouverture et de la fermeture automatique des jets. Si le pourcentage d'erreur équivaut à un mètre, alors les bouts de rang de vigne ne sont pas traités.



Les difficultés associées à l'intégration de ces technologies s'accroissent dès lors qu'elles nécessitent une compréhension fine de leur fonctionnement, alors que les agriculteurs manquent de formation.



### 9.3.2.2. Des situations d'exposition aux pesticides

Les prélèvements d'eaux de lavage de mains réalisés à l'issue de l'application des produits (cf. Figure 33, p. 150) visaient à mettre en évidence que cette étape présente des risques de contamination pour les tractoristes.

Au sein de l'exploitation 1, l'étape de pulvérisation présente effectivement un risque de contamination cutanée compte tenu de la présence de résidus de produits dans le prélèvement d'eaux de lavage de mains à la fin de cette étape (cf. Tableau 24, p. 179). En comparaison au prélèvement effectué à la fin de la préparation, les concentrations s'avèrent plus élevées pour cinq substances actives (soulignées dans le tableau ci-dessous). Toutefois, ces substances n'appartiennent pas aux produits utilisés le jour même (encadrés en rouge dans le tableau ci-

dessous). Cela permet d'avancer qu'il existe des résidus de pesticides sur le pulvérisateur et/ou à l'intérieur de la cabine qui engendrent un risque de contamination cutanée avec des effets potentiels sur la santé humaine (cf. Annexe C, Tableau 49, pp. 380-381). Même si les concentrations de substances actives appartenant aux produits utilisés le jour même sont inférieures à la fin de la pulvérisation, ces concentrations restent tout de même nettement supérieures aux autres. Cela signifie que les résidus de produits présents sur le pulvérisateur et/ou à l'intérieur de la cabine concernent davantage ces substances.

Substances actives	Concentration à la fin de la préparation (ng.L <sup>-1</sup> )	Concentration à la fin de la pulvérisation (ng.L <sup>-1</sup> )
Cyazofamide	60	8
<u>Deltaméthrine</u>	<u>14</u>	<u>16</u>
Difénoconazole	903	519
<u>Diméthomorphe</u>	<u>13</u>	<u>18</u>
Fluopicolide	2695	1500
<u>Fosétyl</u>	<u>914</u>	<u>2192</u>
Lambda-cyhalothrine	489	74
Mandipropamid	2619	1625
<u>Métalaxyl-M</u>	<u>110</u>	<u>340</u>
Métrafénone	694	318
<u>Pyriméthaniil</u>	<u>374</u>	<u>1061</u>
Quinoxifène	24307	5661
Trifloxystrobine	56	42
Zoxamide	29339	15261

Tableau 24 – Concentration de substances actives présentes dans les eaux de lavage de mains à la fin de la préparation et à la fin de la pulvérisation (Exp1)

L'analyse de l'activité effectuée au sein de l'exploitation 1 peut apporter des éléments de réponse aux risques de contamination identifiés. Lors de ce traitement, le tractoriste a été amené à descendre deux fois de la cabine. La première fois, il est descendu pour vérifier et régler la hauteur des jets (cf. Figure 57, p. 180). En effet, depuis la cabine, les rétroviseurs et les informations fournies sur l'écran **ne permettent pas de réaliser ces vérifications et ces réglages.**





Figure 57 – Contrôle et réglage de la hauteur des jets

« Depuis la cabine, on voit pas, c'est quand on est à l'extérieur qu'on voit que la micronisation se fait très très bien. »

Cependant, afin **d'effectuer cette vérification, la pulvérisation doit être ouverte**. Dans cette situation, les risques de contamination au niveau des mains sont d'autant plus importants que l'agriculteur ne porte pas de gants. Lors de cette sortie, c'est aussi l'occasion pour l'agriculteur de **lancer la turbine positionnée à l'arrière du pulvérisateur** (cf. Figure 58).



Figure 58 – Lancement de la turbine

« Parce que sur la route pour pas avoir ce bruit de turbine, je la désactive. Et après, je la réactive à la parcelle, c'est pour éviter qu'il y ait un dépôt sur la route. C'est sûr que si c'était fait depuis la cabine, ça serait encore mieux. »

La seconde fois, l'agriculteur est descendu de sa cabine pour arrêter la vanne de brassage. Lorsque le traitement arrive en fin de cuve, cet arrêt est nécessaire pour éviter la formation de mousse dans la cuve causée par l'agitation. **L'arrêt de la vanne se réalise sur le tableau de commandes extérieures ce qui demande à l'agriculteur de se mettre accroupi en pleine parcelle** (cf. Figure 59).



Figure 59 – Arrêt de la vanne de brassage (1)

« Fin de cuve, j'enlève l'agitateur pour éviter les mousses car autrement ça vide mal. »

Au sein de l'exploitation 4, l'application des produits présente également un risque de contamination cutanée compte tenu de la présence de résidus de produits dans le prélèvement d'eaux de lavage de mains à la fin de cette étape (cf. Tableau 25, p. 181). En comparaison au

prélèvement effectué à la fin de la préparation, les concentrations ne s'avèrent pas plus élevées contrairement à l'exploitation 1. Cependant – à l'instar des résultats obtenus à la fin de la préparation – la concentration de fosétyl s'avère nettement supérieure par rapport aux autres substances actives à l'issue de la pulvérisation. Cette substance n'appartient pas aux produits utilisés le jour même (encadrés en rouge dans le tableau ci-dessous). Cela permet d'avancer qu'il existe des résidus de pesticides sur le pulvérisateur et/ou à l'intérieur de la cabine qui engendrent un risque de contamination cutanée avec des effets potentiels sur la santé humaine (cf. Annexe C, Tableau 50, p. 382-383).

Substances actives	Concentration à la fin de la préparation (ng.L <sup>-1</sup> )	Concentration à la fin de la pulvérisation (ng.L <sup>-1</sup> )
Amétoctradine	63	49
Cyflufenamide	52	27
Difénoconazole	131	58
Diméthomorphe	77	28
Fenbuconazole	137	62
Fluopicolide	585	407
Fluopyram	156	96
Fosétyl	41858	35511
Tébuconazole	1063	575
Tétraconazole	28	10
Trifloxystrobine	453	251
Zoxamide	81	49

Tableau 25 – Concentration de substances actives présentes dans les eaux de lavage de mains à la fin de la préparation et à la fin de la pulvérisation (Exp4)

L'analyse de l'activité effectuée au sein de l'exploitation 4 peut apporter des éléments de réponse aux risques de contamination identifiés. Le tractoriste a été amené à descendre deux fois de la cabine en pleine parcelle de vigne. Au cours du traitement, il est descendu une première fois pour contrôler l'état des panneaux récupérateurs et le volume restant dans la cuve grâce à la jauge. Néanmoins, ces contrôles n'ont pas nécessité de contacts avec le pulvérisateur. La seconde fois, **l'agriculteur est descendu de sa cabine en portant des gants afin d'arrêter le retour en cuve en actionnant la vanne prévue à cet effet** (cf. Figure 60).



Figure 60 – Arrêt de la vanne de retour en cuve

Enfin, avant de retourner à l'exploitation, l'agriculteur est intervenu à plusieurs reprises sur le pulvérisateur afin de réaliser le nettoyage des circuits intérieurs. Effectuées en parcelle, **ces interventions visent à actionner des vannes et à rincer les filtres** (cf. Figures 61 et 62).



Figure 61 – Action sur une vanne



Figure 62 – Retrait d'un filtre

Au sein de l'exploitation 5, les étapes de pulvérisation réalisées les 11 et 12 juillet 2019 présentent également un risque de contamination cutanée. En effet, les analyses des prélèvements révèlent la présence de résidus de produits à la fin de cette étape (cf. Tableaux 26, p. 183 et 27, p. 184). Pour rappel, le 11 juillet 2019, l'agriculteur a pris une douche avant de monter dans la cabine. Pour évaluer les risques de contamination cutanée durant cette étape, un prélèvement a donc été réalisé après la douche de l'agriculteur et à l'issue de l'application (cf. Figure 36, p. 152). En comparaison des résultats du prélèvement effectué à la fin des réparations (cf. Tableau 18, p 166), les concentrations de substances actives sont inférieures à l'issue de la douche. Même si ces diminutions sont rassurantes, l'agriculteur a toujours des résidus de produits sur les mains malgré la douche. Pour les concentrations de substances actives présentes à la fin de la pulvérisation, elles s'avèrent supérieures à celles du prélèvement précédent (cf. Tableau 26, p. 183). Toutefois, ces concentrations ne concernent que les substances actives appartenant aux produits utilisés lors des traitements précédents. Même si les produits utilisés au sein de l'exploitation 5 présentent moins de risques pour la santé humaine que ceux utilisés dans les autres exploitations (cf. Annexe C, Tableau 51, p. 384), les résultats mettent en évidence que les résidus de pesticides présents sur le pulvérisateur et/ou à l'intérieur de la cabine engendrent un risque de contamination cutanée.

Substances actives	Concentration après la douche (ng.L <sup>-1</sup> )	Concentration à la fin de la pulvérisation (ng.L <sup>-1</sup> )
Amétoctradine	4798	13249
Cyazofamide	894	2448
Cyflufénamide	54	226
Difénoconazole	219	625
Diméthomorphe	954	40320
Fluopicolide	610	8966
Fosétyl	30	1289
Métrafénone	75	1931
Tau-fluvalinate	17	355

Tableau 26 – Concentration de substances actives présentes dans les eaux de lavage de mains à la fin de la préparation et à la fin de la pulvérisation (Exp5 – 11 juillet 2019)

L'analyse de l'activité effectuée au sein de l'exploitation 5 peut apporter des éléments de réponse à la compréhension des risques de contamination identifiés. Lors de ce traitement, le tractoriste a été amené à descendre une fois de la cabine en pleine parcelle de vigne afin de vérifier l'état du capteur GPS. Ce capteur est tombé en panne ce qui a empêché l'agriculteur de continuer le traitement. À ce niveau, les problématiques mentionnées précédemment liées aux technologies intégrées dans le pulvérisateur se confirment. En effet, en raison du dysfonctionnement du capteur GPS, le système informatique a enregistré une position erronée des panneaux récupérateurs **ce qui ne permettait plus à l'agriculteur de déclencher la pulvérisation en manuel**. Cela a **demandé au tractoriste de descendre de sa cabine en pleine parcelle et d'être en contact avec le matériel** (cf. Figures 63 et 64).



Figure 63 – Descente de la cabine pour vérifier l'état du capteur GPS



Figure 64 – Intervention sur le matériel pour vérifier l'état du capteur GPS

« Je n'ai pas de données GPS donc je ne peux même pas traiter en manuel. »

En raison de cet incident, l'agriculteur a dû retourner à l'exploitation pour effectuer des réparations. Ces réparations apportent également des éléments de réponse aux résultats issus du prélèvement d'eaux de lavage de mains. En effet, afin d'évaluer l'état du capteur, **l'agriculteur a dû monter sur son pulvérisateur sans protection** (cf. Figure 65, p. 184).



« En fait chaque année on a des pépins donc ça veut dire que la fiabilité du matériel... malgré qu'il y ait une vraie performance [...] la fiabilité sur toute la campagne elle est pas là. Et ça bon, c'est un vrai problème. »

Figure 65 – Intervention sur le matériel pour retirer le capteur GPS (1)

Le 12 juillet 2019, l'étape de pulvérisation présente également un risque de contamination cutanée compte tenu de la présence de résidus de produits dans le prélèvement d'eaux de lavage de mains à la fin de cette étape (cf. Tableau 27). En comparaison au prélèvement effectué à la fin de la préparation, les concentrations s'avèrent plus élevées pour trois substances actives (soulignées dans le tableau ci-dessous). Ces substances – comme les autres – appartiennent aux produits utilisés lors des traitements précédents. Cela permet d'avancer qu'il existe des résidus de pesticides sur le pulvérisateur et/ou à l'intérieur de la cabine, ce qui engendre un risque de contamination cutanée.

Substances actives	Concentration présente à la fin de la préparation (ng.L <sup>-1</sup> )	Concentration à la fin de la pulvérisation (ng.L <sup>-1</sup> )
Amétoctradine	4159	3620
Cyazofamide	139	45
Cyflufenamide	78	34
Difénoconazole	196	125
<u>Diméthomorphe</u>	<u>1639</u>	<u>2524</u>
<u>Fluopicolide</u>	<u>918</u>	<u>1163</u>
<u>Fosétyl</u>	<u>94</u>	<u>359</u>
Métrafénone	80	66
Tau-fluvalinate	48	23

Tableau 27 – Concentration de substances actives présentes dans les eaux de lavage de mains à la fin de la préparation et à la fin de la pulvérisation (Exp5 – 12 juillet 2019)

Pour ce traitement, **le tracteuriste a été amené à descendre une fois de la cabine en pleine parcelle de vigne afin de repositionner les panneaux récupérateurs** (cf. Figure 66, p. 185). Il est fréquent que ces panneaux touchent le sol, des piquets ou des arbres en raison de la qualité du sol, de l'étroitesse entre les rangs de vigne et de la largeur des tournières. Lors du contact des panneaux avec l'un de ces obstacles, une sécurité automatique permet de les relever.



Toutefois, le retrait de la sécurité se révèle être une action compliquée au regard de la force que doit engager l'agriculteur.

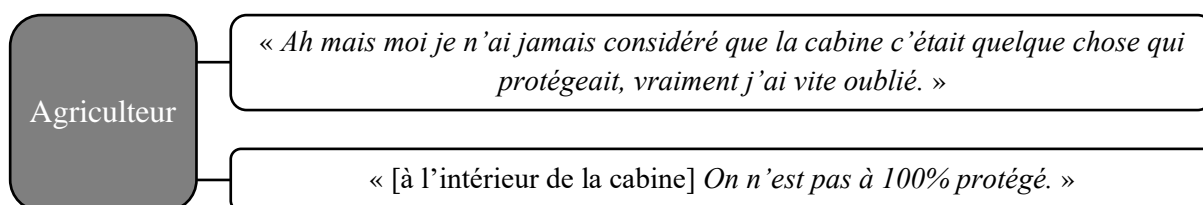


Figure 66 – Retrait de la sécurité automatique en poussant les panneaux récupérateurs

« Il m'est arrivé d'y passer un quart d'heure et de me faire mal, de forcer comme un malade, d'être au bout, il fait hyper chaud dehors, en plus tu respires du produit, la soufflerie est active, enfin c'est l'horreur. »

« C'est vraiment chiant parce que ça demande beaucoup d'efforts physiques. [...] je suis presque tout le temps obligé d'appeler quelqu'un. Je suis arrivé tout seul à le remettre en place très rarement. [...] faut vraiment pousser fort d'un coup sec et ça arrive très souvent. C'est une sécurité pour pas que le système qui porte le panneau vienne céder en fait. Donc là-dessus, c'est bien pensé, mais derrière pour le remettre en place. »

Les analyses des résultats issus des prélèvements d'eaux de lavage de mains ont principalement associé les risques de contamination cutanée à des interventions réalisées par les agriculteurs à l'extérieur de la cabine. Toutefois, il ne faut pas négliger les contaminations potentielles à l'intérieur de celle-ci.



La protection à l'intérieur de la cabine est déterminée par la catégorie de cette dernière. En effet, selon cette catégorie, la protection diffère. Dans le cas des pulvérisateurs, il est recommandé que les cabines soient équipées d'une classe de catégorie 4 afin de limiter l'exposition de l'opérateur aux pesticides. Toutefois, dans le cadre des pulvérisateurs portés et traînés, le matériel de pulvérisation est indépendant du tracteur – alors lui-même utilisé pour d'autres travaux. Par conséquent, il est fréquent que les cabines du tracteur utilisé pour les traitements ne soient pas équipées d'une classe de catégorie 4. C'est le cas pour les exploitations 1, 2, 3 et 4 qui possèdent des pulvérisateurs traînés et portés (cf. Tableau 28, p. 186).

Exploitations	Mode de transport	Classe de cabine
Exp1	Traîné	Catégorie 3
Exp2	Porté	Catégorie 2
Exp3	Traîné	Catégorie 2
Exp4	Traîné	Catégorie 3
Exp5	Automoteur	Catégorie 4

Tableau 28 – Classe de cabine pour chacune des exploitations en fonction du mode de transport du pulvérisateur

Pour les exploitations 1, 2, 3 et 4, **la conduite réalisée à l'intérieur de la cabine peut alors s'avérer être une situation d'exposition aux pesticides**. Et, quand bien même l'exploitation 5 possède une classe de cabine de catégorie 4, il convient de se demander si la protection reste optimale dès lors que les agriculteurs effectuent de nombreux allers-retours entre la cabine et le pulvérisateur lors des étapes de préparation, d'application et de nettoyage. En effet, ces allers-retours sont autant d'occasions de ramener des produits à l'intérieur de la cabine. Lors de la préparation, il est nécessaire pour l'agriculteur de monter dans la cabine à plusieurs reprises car c'est au sein de celle-ci que se trouvent les commandes utiles à la préparation. Lorsqu'il incorpore les produits dans la cuve, le tractoriste a besoin d'accéder aux commandes afin de mettre en route la pompe et l'agitateur, d'ouvrir les rampes, d'ouvrir et de fermer la pulvérisation, etc. (cf. Figures 67 et 68, p. 187). Les situations d'exposition aux pesticides identifiées lors de la préparation sont alors susceptibles d'entraîner par la suite un dépôt de produits sur les différents éléments de la cabine (volant, siège, commandes, etc.). Ce dépôt peut alors être lui-même à l'origine de risques de contamination lors de la conduite.



Figure 67 – Utilisation des commandes dans la cabine lors de la préparation des produits

« Ça [allers-retours en cabine] peut être quand j'oublie la pompe, la pompe de brassage, parce qu'on ne peut pas incorporer un produit, surtout de la poudre, du soufre et du cuivre sans que la pompe de brassage soit allumée. Sinon ça fait une pâte, ça colmate principalement. »

Lors de l'étape de pulvérisation, l'agriculteur est aussi amené à faire des allers-retours en cabine en raison des incidents rencontrés et des vannes à actionner à l'extérieur de celle-ci.

Agriculteur

« Franchement, je le fais parce que c'est la réglementation [mettre un filtre à charbon] mais ça sert à rien, c'est sûr, on ouvre la cabine, on rentre c'est sûr. [...] faudrait pas qu'il ouvre au cours du traitement. »

Enfin, les allers-retours effectués en cabine afin d'accéder aux commandes présentes à l'intérieur de celle-ci s'observent également lors du nettoyage du matériel (cf. Figure 68). Pour chacune des étapes, il est fréquent que les agriculteurs laissent la porte de la cabine ouverte parce qu'ils ont besoin – par exemple – de voir la pulvérisation fonctionner tout en agissant sur les commandes. Toutes ces situations sont susceptibles de souiller l'intérieur de la cabine entraînant à terme des situations d'exposition aux pesticides durant la conduite.



Figure 68 – Utilisation des commandes dans la cabine lors du nettoyage du matériel

« [Allers-retours en cabine] pour déclencher les essais de pulvérisation, souvent. [...] je déclenche la pulvérisation avec de l'eau pour tester. Ensuite, je redescends, je regarde si effectivement toutes les buses ne sont pas bouchées. Je remonte pour éteindre. C'est que des va-et-vient et la cabine est contaminée. Dans l'idéal, il faudrait qu'à chaque fois que je sorte de la cabine, j'enfile une combinaison et, qu'en remontant, avant même de toucher la poignée, ou même avant de monter sur les marches, il faudrait que je me débarrasse de la combinaison. »

Jusqu'à maintenant, les situations d'exposition aux pesticides identifiées lors de l'étape de pulvérisation concernent les exploitations au sein desquelles les prélèvements d'eaux de lavage de main ont été effectués. Toutefois, d'autres situations – relevant d'évènements significatifs – ont pu être identifiées pour les autres exploitations. Ces situations d'exposition aux pesticides sont principalement la conséquence d'incidents liés au fonctionnement du pulvérisateur. Ces incidents – qui peuvent avoir des impacts sur la qualité du traitement et/ou engendrer une perte de temps dans la réalisation du traitement – ont tendance à arriver fréquemment.

Agriculteur

« C'est une machine de guerre et une source de panne à chaque fois. [...] je suis hyper content mais vu de loin je suis toujours emmerdé, toujours un problème de pression, on a été beaucoup embêté par la pompe, des clapets qui lâchaient en permanence. Donc je me dis que si je devais gérer un mec [...] j'y serais tout le temps avec lui "allo je suis en panne", "allo je suis en panne", "allo je suis en panne"... »

« Je dirais deux interventions par journée de traitement en moyenne. C'est-à-dire qu'il y a des journées où ça va être 6 et des journées où ça va être 0. »

Les incidents communs et récurrents entre les différentes exploitations concernent le bouchage des buses et des filtres. Ce bouchage peut être dû au type de produit utilisé (poudre) et à la qualité du nettoyage du matériel effectué lors du traitement précédent. Que ce soit les filtres ou



les buses, il est **nécessaire pour l'agriculteur de descendre de sa cabine pour les déboucher** (cf. Figure 69). Par exemple, **il doit retirer la buse concernée, la déboucher, la replacer, retourner dans la cabine, lancer la pulvérisation et ressortir pour vérifier que cela fonctionne correctement**. Dans cette situation, le dépôt de produits sur les différents éléments de la cabine peut être renforcé.



Figure 69 – Débouchage d'une buse

« Moi ce qui m'embête le plus sur ce pulvé, c'est que ça se bouche [...] ça me fausse parfois mon volume hectare de traitement. Ça, c'est embêtant parce que si je finis mon traitement, bon je vérifie toujours ma consommation, mais quand ça se bouche, tout tombe à l'eau. Quand j'ai fait 3-4 rangs sous-dosés donc c'est mal protégé donc faut toujours être dans les vérifications. Bon, je pense que c'est normal, ça fait partie du métier. »

En raison des impacts que peuvent avoir ces bouchages sur la qualité du traitement, cela met en évidence l'importance pour les agriculteurs de vérifier régulièrement le bon fonctionnement de la pulvérisation. Alors que cette vérification peut se faire directement en cabine dans le cas des pulvérisateurs traînés (cf. Figures 50 et 51, p. 173), cela s'avère plus difficile pour les pulvérisateurs portés. En effet, les descentes ne sont pas visibles depuis la cabine et les informations présentes sur l'écran ne sont pas suffisantes. **L'agriculteur est donc amené à sortir de la cabine environ toutes les heures en plein traitement avec la pulvérisation ouverte et à monter sur la cuve pour effectuer la vérification** (cf. Figure 70).



Figure 70 – Vérification du fonctionnement de la pulvérisation en montant sur la cuve

« Oui parce que pour une buse bouchée, je ne sais pas comment on peut le voir. Je crois qu'il y a des systèmes de débit. C'est-à-dire, j'ai un mano, une pression, mais j'ai 32 buses, je peux en avoir jusqu'à 32. Quand il y a une buse de bouchée, mon manomètre ne bouge pas pour autant, c'est trop peu. »

« Souvent, je suis amené à monter sur la cuve voir si ça marche bien, si ça souffle bien. Et ça glisse partout [...] en plus moi je mets de la paraffine sur la cuve, donc ça glisse encore plus. »

« Celle [descente] qui est derrière la roue [...] je peux jamais la voir celle-là et c'est pour ça que je descends en fait. [...] j'ai pas une visibilité sur l'ensemble de ma machine. »

De façon plutôt exceptionnelle cette fois, il est arrivé à un agriculteur de se retourner dans une tournière du fait d'un manque de stabilité du pulvérisateur (cf. Figure 71). Cela a amené **l'agriculteur à sortir de la cabine en pleine parcelle pour redresser le pulvérisateur.**



Figure 71 – Renversement du pulvérisateur dans une tournière

### 9.3.2.3. Des genèses instrumentales

Au cours de la pulvérisation des produits, les analyses de l'activité ont également mis en évidence des genèses instrumentales. Ces processus s'observent lors de la conduite, mais aussi lorsque l'agriculteur est amené à descendre de la cabine.

La vérification du fonctionnement de la pulvérisation dans les tournières relève d'un processus d'instrumentation. En effet, **les schèmes de l'agriculteur ont été amenés à évoluer en raison du manque d'informations en cabine et de visibilité directe sur les descentes dans les rangs de vigne.** Pour pallier cela, **l'agriculteur profite d'être dans les tournières pour effectuer cette vérification** (cf. Figure 72). En effet, l'absence de vigne et le rapprochement des descentes près de la cabine permettent à l'agriculteur, en tournant, d'avoir une meilleure visibilité sur le fonctionnement de la pulvérisation.



Figure 72 – Vérification du fonctionnement de la pulvérisation dans les tournières

« Souvent des fois on le [vérification du fonctionnement de la pulvérisation] fait en tournant, quand on tourne, on voit bien les jets. »

Au sein de l'exploitation 5, **les nombreuses technologies intégrées dans le pulvérisateur amènent l'agriculteur à faire évoluer ses schèmes d'utilisation.** Toutefois, ce processus d'instrumentation se fait sur le temps long en raison du manque de formation.

Agriculteur

« Donc petit à petit, moi je me fais des fiches en fait pour savoir quelles manipulations faire que ce soit pour la cellule, pour la pulvé mais aussi pour le travail des sols, etc. comment tu gères les circuits hydrauliques, comment tu paramètres l'électronique, etc. mais ça va prendre encore je pense une bonne année avant de maîtriser complètement le sujet sans avoir la formation. »

Au regard de la diversité des outils pouvant être utilisés avec le tracteur – autres que le pulvérisateur – **l'agriculteur de l'exploitation 2 rend visible la modification de ses schèmes lorsque la situation change. En effet, la fonction des commandes en cabine diffère selon l'outil utilisé**, ce qui met en visibilité un processus d'instrumentation.

Agriculteur

« La pression de pompe c'est là, j'ai les vendanges après donc je zippe mon cerveau à chaque fois pour pas me tromper. Il y a quinze ans que je le fais, enfin chaque machine a son système aussi. »

En raison de l'expérience accumulée, **l'évolution des schèmes se traduit aussi par l'absence de besoin de regarder les commandes pour les actionner.**

Agriculteur

« Oui, les joysticks, j'ai pas besoin de les regarder du tout. »

En raison du manque de fiabilité lié aux informations affichées sur l'écran en cabine, **l'agriculteur a fait évoluer ses schèmes afin d'assurer le guidage du tracteur.** En effet, il ne se réfère plus seulement au moniteur, mais également aux traces de pneus (cf. Figure 73).



Figure 73 – Vérification du positionnement du pulvérisateur dans le rang en regardant les traces de pneus

« Là, tu vois je vérifie si je n'étais pas trop proche du trou. Et là en fait je cherche à me positionner. La vérité c'est que j'ai le tracé de mon passage qui s'inscrit sur le moniteur mais du fait de ce manque de fiabilité, parfois moi je vais me référer aux traces de pneus. [...] voilà donc c'est comme ça que je peux me permettre de ne pas regarder le moniteur. »

Des processus d'instrumentation ont également été identifiés lorsque les agriculteurs sont amenés à descendre de la cabine. À ce niveau, ces processus sont cependant à l'origine de situations d'exposition directe et indirecte aux pesticides. Par exemple, quand les panneaux touchent un obstacle, **l'agriculteur a fait évoluer ses schèmes afin de retirer la sécurité automatique alors enclenchée.** Mais, cela **l'amène cependant à être en contact avec les produits et le matériel** (cf. Figure 66, p. 185).

Agriculteur

« En fait, même si le panneau se déplace en fait, pour le réenclencher dans son cadre, faut vraiment pousser fort et d'un coup sec et ça arrive très souvent. »

Afin de vérifier le fonctionnement de la pulvérisation et ainsi prévenir le bouchage des buses, **l'agriculteur a également fait évoluer ses schèmes en montant sur la cuve du pulvérisateur** (cf. Figure 70, p. 188). À ce niveau, il s'agit aussi d'un processus d'instrumentation à l'origine de risques de chutes et de contamination. En réalisant cela, **l'agriculteur confère aussi de nouvelles fonctions à la cuve du pulvérisateur**. En effet, cette dernière peut être assimilée à une plateforme ce qui relève alors d'un processus d'instrumentalisation.

En intervenant sur le matériel dans le cadre des réparations à apporter au capteur GPS du pulvérisateur de l'exploitation 5, **l'agriculteur confère** – à l'instar du processus d'instrumentalisation identifié lors de l'étape de préparation – **de nouvelles fonctions au pulvérisateur en utilisant les organes et recoins comme des prises pour positionner ses pieds** (cf. Figure 65, p. 184). Toutefois, ce processus entraîne une situation d'exposition indirecte aux pesticides.

Les processus d'instrumentalisation se traduisent également par les modifications apportées par les agriculteurs à leur pulvérisateur. Suite au renversement du pulvérisateur dans une tournière (cf. Figure 71, p. 189), **l'agriculteur a souhaité le rendre plus stable en élargissant l'essieu**.

Agriculteur

« Celui [ancien pulvérisateur] que j'avais il était plus large. J'avais les mêmes capacités de produits. Enfin celui-là est plus imposant quand même comme pulvé. Mais maintenant je l'ai en main, ça va, c'était rien. [...] mais il a fallu élargir, si on n'avait pas élargi, il est pas très stable en fait, ça c'est un gros défaut. »

Au sein de l'exploitation 5, **l'agriculteur a également fait des modifications sur son pulvérisateur afin d'augmenter la qualité et la précision de la pulvérisation**. Pour cela, il a volontairement bouché les buses du haut dans l'intention d'appliquer précisément la pulvérisation lorsque la végétation est basse.

Agriculteur

« On a choisi d'adapter la hauteur de pulvérisation, c'est-à-dire on bouche certaines buses en début de campagne pour n'utiliser que celles du bas [...] nous tant qu'à faire on veut favoriser la précision de pulvérisation. »

Au sein de cette même exploitation et au regard des problématiques liées au maintien des bâches (cf. Figure 43, p. 166), **l'agriculteur a préféré les retirer**.

Agriculteur

« On a choisi [...] à certains moments d'enlever des bâches du haut parce qu'elles pendaient, parce qu'elles venaient tirer sur des flexibles ou sur des tuyaux, etc. donc ça on les a enlevées de notre propre chef. »

Contrairement aux processus de genèses instrumentales à l'origine de situations d'exposition aux pesticides, ce processus d'instrumentalisation permet de prévenir des situations d'exposition aux pesticides. En effet, cela évite à l'agriculteur de rattacher les bâches à l'intérieur des panneaux récupérateurs dès lors qu'elles sont amenées à se détacher.

### 9.3.3. Le nettoyage du matériel

Le nettoyage du matériel représente la dernière étape du traitement. Un nettoyage de moindre qualité peut engendrer une plus rapide dégradation du matériel, mais peut surtout entraîner des incidents comme le bouchage des buses dû au colmatage des produits lors du prochain traitement. Cette étape est alors considérée comme essentielle pour certains agriculteurs. Toutefois, elle s'avère être plus ou moins longue et pénible selon les caractéristiques des pulvérisateurs (envergure, présence de panneaux récupérateurs, etc.).

Agriculteur

*« Mise en place, retrait et nettoyage, honnêtement, j'ai déjà fait le calcul, nettoyage des fois plus de deux heures de travail et extrêmement minutieux sans réelle réussite de nettoyage. »*

#### 9.3.3.1. Des situations d'exposition aux pesticides

Le nettoyage du matériel nécessite **l'utilisation et le passage du karcher sur les surfaces extérieures du pulvérisateur afin de décoller les produits déposés, ce qui entraîne des éclaboussures**. Dans le cas des pulvérisateurs traînés, il est possible pour l'agriculteur de rester au sol pour passer le karcher sur l'intégralité des surfaces (cf. Figure 74).



Figure 74 – Passage du karcher à l'intérieur des panneaux récupérateurs

En revanche, pour les pulvérisateurs portés et automoteurs, il est nécessaire pour l'agriculteur de monter sur la cuve afin de passer le karcher sur les surfaces supérieures (cf. Figure 75, p. 193). Cela est aussi l'occasion d'effectuer des vérifications sur les éléments et les organes situés



à ce niveau. **Les risques d'éclaboussures sont également présents.** En raison du caractère glissant des surfaces du pulvérisateur, l'agriculteur est aussi soumis aux risques de chute.



Figure 75 – Passage du karcher sur les surfaces supérieures du pulvérisateur

« Alors ça a des avantages car ça a des grosses capacités de traitement, de gros volume mais alors l'inconvénient, c'est vraiment le lavage. »

« Je fais une énième vérification à ce moment-là aussi. Je regarde toutes les ferrailles s'il n'y a pas une ouverture, qu'elles soient cassées quelque part, un boulon à dévisser, un truc, ça peut arriver. »

Agriculteur

« Il y a aussi le fait d'avoir besoin de monter tout en haut de la cellule pour pouvoir passer le karcher. Je trouve ça hyper dangereux franchement. Ce n'est pas du tout prévu pour [...] c'est extrêmement glissant comme surface, ce n'est pas adapté à supporter mon poids. »

« Là j'ai la combi intégrale normalement, et puis en plus on voit qu'il fait beau, chaud, ça gêne aussi. Moi j'essaye de prendre souvent le masque [...] le masque avec la vitre devant les yeux [...] je me suis déjà brûlé les yeux, c'est vraiment très très désagréable. Mais qui dit masque intégral, dit buée donc on n'y voit pas bien. Je suis obligé de monter tout en haut donc je ne vois pas bien où je mets les pieds avec le truc sur le dos [...] et en même temps je n'ai pas mieux à proposer. »

« À la fois on casse et on se met en danger. Voilà, et puis moi je suis en combinaison intégrale, faut que j'arrive à attraper le canne du karcher et en pulvérisant ça déploie quand même de la puissance. Enfin bon, ce n'est pas du tout adapté et c'est dangereux. »

Pour ces pulvérisateurs, monter sur la cuve permet également de nettoyer l'intérieur de celle-ci (cf. Figure 76, p. 194). Si le fond de la cuve est plat, cela rend difficile l'évacuation des produits restants. De plus, il est possible que la cuve comporte de nombreux recoins ce qui complexifie aussi le nettoyage. En effet, **cela demande à l'agriculteur d'être constamment penché au-dessus de la cuve avec le karcher à la main.**



Figure 76 – Nettoyage de l'intérieur de la cuve

« La cuve elle est organisée de façon à ce qu'il y ait des espèces de marches en fait pour... quand tu descends en dessous d'une certaine marche, tu as des alarmes qui se déclenchent pour te prévenir qu'il y a bientôt plus de produits. Ces marches il y a des résidus donc il faut absolument mettre la canne de Karcher dans la cuve et essayer comme on peut. [...] là je sais que si je tombe je peux me faire très mal. »

Une fois les surfaces supérieures du pulvérisateur nettoyées, il est nécessaire de **continuer à passer le karcher sur les surfaces inférieures** (cf. Figure 77).



Figure 77 – Nettoyage des surfaces inférieures du pulvérisateur

« Je n'ai pas de masque donc je suis trempé, même par les gants, ça rentre par la manche ici et là. »

Agriculteur

« Mais, les combinaisons honnêtement, on peut dire ce qu'on veut, il y a toujours un moyen pour que ça rentre, une manche un petit peu ouverte, ça coule, en plus tu transpires à l'intérieur donc t'es trempé à l'intérieur, c'est une espèce de sensation très désagréable. Et moi, il m'arrive de plus en plus souvent de me doucher après et, je me rends compte que même après la douche, j'ai l'impression d'avoir encore ces odeurs, encore le produit donc c'est vraiment problématique. »

Cette dernière étape du traitement consiste également à retirer les filtres et les buses pour procéder à leur nettoyage. Ces organes s'avèrent cependant difficiles d'accès et leur retrait est complexe en raison du colmatage des produits.

Agriculteur

« Le filtre général, il est mal placé, il est dessous à côté du réservoir d'eau propre, il est carrément en dessous, il n'est vraiment pas commode. »

Agriculteur

« Je tourne un peu autour du truc, savoir par où passer, il n'y a pas d'accès dédié en fait. Il est facilité lorsque tu relèves totalement la cellule. Et encore, facilité il faut quand même se faufiler en dessous et entre les panneaux mais globalement ce n'est pas du tout pensé pour être repositionné ou réadapté pendant le traitement. »

L'accès aux filtres est rendu d'autant plus difficile qu'il est parfois nécessaire pour l'agriculteur d'avoir les bras au-dessus du cœur pour les dévisser (cf. Figure 78). Dans ce cas, les éclaboussures s'avèrent très importantes. En effet, **dès lors que le filtre est retiré, les produits se déversent sur les bras et les mains de l'agriculteur** (cf. Figure 79).



Figure 78 – Retrait du filtre (1)



Figure 79 – Retrait du filtre (2)

Pour les buses et les petits filtres associés, le tractoriste a besoin de laisser la pulvérisation ouverte afin d'avoir suffisamment de pression pour réussir à les retirer (cf. Figure 80). Cela entraîne également une **situation d'exposition directe et indirecte aux pesticides**.



Figure 80 – Retrait des buses et des filtres sur les descentes

« Avec de la pression, ça fait sortir le petit filtre [...] c'est un truc de boucher. »

De plus, ces organes s'avèrent difficiles à nettoyer en raison du colmatage des produits (cf. Figure 81, p. 196). **Les contacts avec ces éléments** peuvent alors être à l'origine de situations d'exposition indirecte aux pesticides.





Figure 81 – Colmatage des produits au niveau des buses

« Même avec la quantité d'eau qu'il y a dedans, il faut souffler, gratter avec une brosse à dent, c'est la folie. »

« Les buses, il y aurait presque besoin de les souffler à la main. Ce qui est complètement aberrant. Je ne dispose pas de matériels adaptés pour le nettoyage des buses. »

Ces situations d'exposition aux pesticides peuvent être accentuées dès lors que **l'agriculteur doit effectuer le retrait des buses et des filtres dans les panneaux récupérateurs** (cf. Figure 42, p. 162). En effet, il s'agit d'un endroit confiné où il y a davantage de résidus de produits. Selon les caractéristiques des pulvérisateurs possédant des panneaux récupérateurs, il est possible que l'étape de nettoyage comporte également **le rinçage des mousses présentes à l'intérieur de ces panneaux**. Au nombre de quatre, **ces mousses servant de filtres doivent être lavées plusieurs fois avant d'être replacées dans les panneaux** (cf. Figures 82, 83 et 84).



Figure 82 – Retrait des mousses (1)



Figure 83 – Retrait des mousses (2)



Figure 84 – Nettoyage des mousses au kärcher

Enfin, **l'agriculteur rencontre des difficultés à accéder aux différents points de graissage**. En effet, il est amené à monter sur le pulvérisateur pour parvenir à ces points dont le graissage est essentiel pour le bon fonctionnement du pulvérisateur (cf. Figure 85).



Figure 85 – Graissage du pulvérisateur (1)

« J'ai la tête dans les produits quand je fais ça [...] là c'est l'horreur, il faudrait un tableau qui récupère tous les graisseurs, ça serait le top. »

### 9.3.3.2. Des genèses instrumentales

Au cours du nettoyage du matériel, les analyses menées ont également mis en évidence des processus de genèses instrumentales. À l'instar des deux premières étapes du traitement, ces genèses instrumentales se traduisent à la fois par des processus d'instrumentation et des processus d'instrumentalisation – eux même parfois à l'origine de situations d'exposition aux pesticides.

Par exemple, **les schèmes développés pour laver l'intérieur de la cuve** relèvent de processus d'instrumentation et d'instrumentalisation (cf. Figure 76, p. 194). En effet, la conception et l'emplacement de la cuve **amènent l'agriculteur à grimper sur le pulvérisateur de façon à pouvoir passer le karcher à l'intérieur de celle-ci**. L'évolution des schèmes d'utilisation du viticulteur s'accompagne également d'une attribution de nouvelles fonctions à la cuve du pulvérisateur. **Cette dernière sert de plateforme pour le nettoyage des surfaces supérieures du pulvérisateur** (cf. Figures 75, p. 193 et 76, p. 194). De plus, monter sur la cuve ou, par exemple, accéder aux différents points de graissage (cf. Figure 85, p. 196) permet d'attribuer de nouvelles fonctions au pulvérisateur en **utilisant les organes et recoins comme des prises pour positionner les pieds**. Toutefois, ces stratégies développées entraînent des **situations d'exposition directe et indirecte aux pesticides**. **Laisser la pulvérisation ouverte lors du retrait des buses et des petits filtres associés** relève également d'un processus d'instrumentation (cf. Figure 80, p. 195). Il s'agit effectivement d'une évolution des schèmes d'utilisation de l'agriculteur afin de faciliter le retrait de ces organes. Néanmoins, cette genèse instrumentale entraîne **des éclaboussures**.

## 9.4. Conclusion : réponse à la première hypothèse

Cette première partie de résultats permet de répondre à la première hypothèse formulée précédemment. Pour rappel, l'hypothèse est la suivante :

H1

Dans le cadre de la réalisation des traitements aux pesticides en viticulture, le pulvérisateur se révélerait être à la fois un instrument de l'activité au service de l'action et un déterminant à l'origine de difficultés d'usage et de situations d'exposition aux pesticides.

#### 9.4.1. Le pulvérisateur : un instrument au service de l'action

Les genèses instrumentales identifiées ont pu mettre en évidence le caractère instrumental des pulvérisateurs au cours des activités de traitement. Du fait de sa caractéristique artefactuelle, le pulvérisateur se révèle être un médiateur entre l'agriculteur et l'objet de son activité, à savoir la réalisation du traitement. En effet, les viticulteurs ont des usages spécifiques du pulvérisateur en situation tout en poursuivant un but particulier. Ces usages appartiennent à différentes classes de situations – invariantes d'une exploitation à l'autre – que sont la préparation des produits, leur application et le nettoyage du matériel. Ces classes de situations se traduisent selon des cadres d'usages différents qui sont faits du pulvérisateur en raison de la singularité des utilisateurs et des situations.

Cette affirmation qui considère le pulvérisateur comme un instrument s'explique au regard des genèses instrumentales identifiées au cours des trois étapes qui composent le traitement. Par exemple, lors de la préparation, des agriculteurs confèrent de nouvelles fonctions au pulvérisateur en se servant du tamis pour coincer le tuyau pendant le remplissage de la cuve en eau. Suite à un incident rencontré lors de l'application, un agriculteur a été amené à modifier l'essieu du pulvérisateur afin de gagner en stabilité. Durant le nettoyage, des agriculteurs ont développé leurs schèmes d'utilisation pour parvenir à nettoyer l'intérieur de la cuve. Ces différentes appropriations – qu'elles soient liées au pulvérisateur ou aux schèmes – sont des indices de la contribution des agriculteurs à la conception et révélatrices de fonctions non anticipées par les concepteurs.

#### 9.4.2. Des genèses instrumentales aux genèses du risque

Toutefois, au regard des compromis réalisés par les viticulteurs, les genèses instrumentales peuvent être à l'origine de situations d'exposition directe et indirecte aux pesticides. En effet, lorsque l'agriculteur est amené à monter sur la cuve pour y insérer le tuyau d'eau, les processus d'instrumentation et d'instrumentalisation associés entraînent des genèses du risque. Ces risques concernent les chutes, mais également les contaminations potentielles liées aux contacts avec le matériel. En ce sens, le développement des propriétés des pulvérisateurs et/ou celui des schèmes du viticulteur peuvent engendrer des situations d'exposition aux pesticides dans un souci – par exemple – de productivité. L'agriculteur qui grimpe en haut de la cuve pour y introduire le tuyau d'eau cherche avant tout à gagner du temps dans la réalisation du traitement.

Les processus développementaux liés aux genèses instrumentales peuvent donc être coûteux pour la santé. À l'inverse, il est important de souligner que des genèses instrumentales peuvent permettre de prévenir des situations d'exposition aux pesticides. En effet, lorsque l'agriculteur retire les bâches sur les panneaux récupérateurs, il tâche d'éviter les incidents qui lui demanderaient d'intervenir à l'intérieur des panneaux récupérateurs.

Les appropriations du pulvérisateur au cours des activités de traitement peuvent avoir des conséquences du point de vue du risque. Cela ne cherche pas à mettre en évidence une quelconque inaction des agriculteurs vis-à-vis de leur protection. Il s'agit plutôt de souligner un manque de possibilité d'actions qui peut conduire à une détérioration de la santé et/ou une dégradation de la performance (Coutarel *et al.*, 2015). Cela peut être rapproché des compromis réalisés au cours de l'activité – dans le cadre de situations d'exposition à des substances chimiques – entre différents critères que vont être la production et la protection (Albert *et al.*, à paraître).

#### 9.4.3. Des difficultés d'usage et des situations d'exposition aux pesticides

Au cours des traitements, les agriculteurs rencontrent de nombreuses situations d'exposition directe et indirecte aux pesticides. Pour les étapes de préparation et d'application, ces situations ont pu être confirmées par les résultats issus des analyses des prélèvements d'eaux de lavage de mains. En effet, ces étapes présentent des risques de contamination cutanée au vu des concentrations de substances actives mesurées dans les prélèvements. En raison du fait que les substances actives extraites concernent également les produits utilisés lors des traitements précédents, cela permet d'avancer qu'il existe des résidus de pesticides sur le pulvérisateur et/ou à l'intérieur de la cabine. Il est donc possible de conclure que le pulvérisateur et la cabine sont des déterminants des situations d'exposition directe et indirecte aux pesticides.

Agriculteur — « *Moi, quand je commence mes traitements le 15 avril, je sens le soufre jusqu'à fin août, tout le temps, tous les jours [...]. J'ai des habits spécifiques au traitement chez moi et toute l'année, ça sent le soufre.* »

Ces situations d'exposition aux pesticides peuvent être la conséquence de difficultés d'usage rencontrées par les agriculteurs. En effet, lors de la préparation, les agriculteurs sont, par exemple, contraints de se pencher au-dessus de la cuve car l'agitateur n'assure pas toujours l'homogénéité du mélange des produits. À la fin de l'application, les agriculteurs n'ont pas de commande en cabine qui permet d'arrêter le brassage à l'intérieur de la cuve. Ils sont alors

amenés à descendre de celle-ci en pleine parcelle. Ces situations d'exposition aux pesticides mettent en évidence des difficultés d'usage, elles-mêmes liées à des organes spécifiques du pulvérisateur. Lors de l'activité de conduite, d'autres difficultés d'usage ont pu être identifiées. Toutefois, ces difficultés n'impliquent pas de situations d'expositions aux pesticides. En effet, les résultats issus des analyses vidéo réalisées en cabine mettent en évidence les difficultés rencontrées par les agriculteurs à assurer le contrôle et le réglage de la pulvérisation – activités complexes, mais essentielles pour garantir un traitement de qualité.

En somme, les difficultés d'usage liées à la conception des pulvérisateurs, aux variabilités et aux incidents peuvent être à l'origine de situations d'exposition directe et indirecte aux pesticides, mais sont aussi à l'origine d'une dégradation de la performance. En effet, ces difficultés complexifient également l'activité des agriculteurs quant à la réalisation du traitement (perte de temps, perte de productivité, perte de qualité, etc.).

#### 9.4.4. Des arbitrages entre des critères de production et de protection

Les résultats présentés jusqu'à maintenant mettent en évidence l'importance qu'accordent les agriculteurs à la réalisation et à la qualité du traitement. Un traitement de moindre qualité dû, par exemple, à une buse bouchée peut avoir des impacts considérables sur la future récolte en raison de l'apparition de maladies. Particulièrement tributaires de la météo, les agriculteurs sont constamment à la recherche de gain de temps afin de réaliser les traitements dans des conditions météorologiques idéales. Perdre en temps et en qualité sur le traitement, c'est augmenter le risque de devoir refaire un traitement dans les jours à venir. À ce niveau, une autre difficulté apparaît quant à la pression que peut exercer le voisinage sur les agriculteurs.

Agriculteur

*« C'est fiable, mais on sait qu'on a trop de pression par le voisinage [...]. Ce que représente un pulvé dans un village, c'est horrible. C'est un peu tendu quand même. Le pulvé c'est vraiment la représentation du viticulteur/pollueur. »*

Les enjeux associés aux traitements sont révélateurs de conflits entre différents critères comme la production et la protection. Si ces deux critères ne peuvent être priorisés ou si l'un d'entre eux est privilégié au détriment de l'autre, cela met en visibilité le manque de possibilités pour les agriculteurs de se maintenir en santé tout en respectant les objectifs fixés. Les genèses instrumentales et les difficultés d'usage à l'origine de situations d'exposition directe et indirecte aux pesticides confirment la tendance pour les agriculteurs à prioriser les enjeux de production en raison des enjeux mentionnés précédemment.

#### 9.4.5. Le pulvérisateur : déterminant technique des activités de traitement

Eu égard à ces premiers résultats, nous pouvons avancer que le pulvérisateur détermine l'activité des agriculteurs lors de la réalisation des traitements, que ce soit pendant la préparation des produits, leur application et le nettoyage de l'équipement. En effet, la conception du matériel va orienter, structurer la façon de faire des viticulteurs. Les analyses menées mettent en évidence que l'activité relève de difficultés d'usage pouvant entraîner des situations d'exposition aux pesticides. L'activité témoigne aussi de genèses instrumentales et les difficultés rencontrées par les agriculteurs peuvent être à l'origine de ces appropriations. En raison des modifications et des nouvelles fonctions conférées au pulvérisateur dans le cadre des processus d'instrumentalisation, les genèses instrumentales transforment la conception initiale du matériel. Néanmoins, compte tenu des compromis réalisés par les agriculteurs, les genèses instrumentales peuvent être à l'origine de situations d'exposition aux pesticides. L'ensemble de ces constats est schématisé sur la figure ci-dessous (*cf.* Figure 86). Il convient de souligner que les situations d'exposition aux pesticides ne sont pas les seules conséquences des difficultés d'usage et des genèses instrumentales. En effet, il existe d'autres effets qui concernent à la fois l'agriculteur et l'exploitation, mais, en raison des objectifs de la recherche, nous portons plus spécifiquement l'attention sur les situations d'exposition aux pesticides.

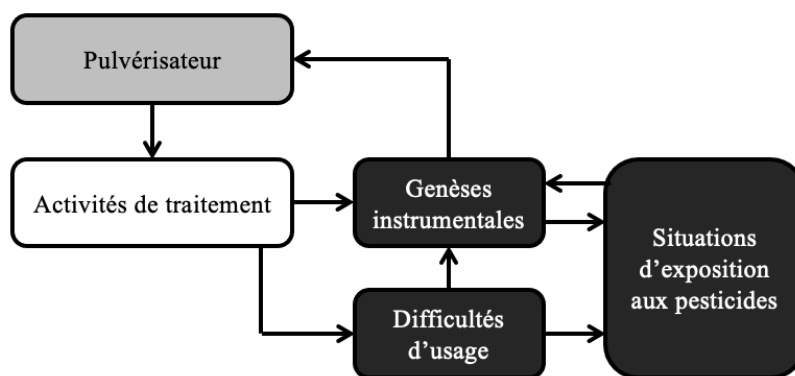


Figure 86 – Le pulvérisateur : déterminant technique des activités de traitement

Au regard des résultats, il est possible d'aller plus loin en détaillant les organes à l'origine de ces difficultés et genèses instrumentales. En effet, le pulvérisateur est considéré comme un déterminant dans sa globalité mais ses organes constituent également des déterminants. Leur conception, leur accès et leur emplacement ont une influence sur l'apparition des difficultés d'usage, des genèses instrumentales et des situations d'exposition aux pesticides. Les déterminants deviennent alors nombreux et donnent à voir sur les possibilités d'action en conception (*cf.* Annexe D, p. 385).

# Chapitre 10. La place du travail réel des agriculteurs dans les activités de conception

Au sein de ce chapitre, nous souhaitons apporter des réponses à la deuxième hypothèse formulée précédemment.

H2

Les activités de conception des pulvérisateurs seraient principalement orientées sur la technique ce qui ne permettrait pas de prendre suffisamment en compte l'activité de travail réelle des viticulteurs lors de l'utilisation de leur matériel et les risques de contamination associés.

Afin de répondre à cette deuxième hypothèse, il convient dans un premier temps d'énoncer les objectifs qu'elle sous-tend (§10.1). La formulation de ces objectifs permet ensuite de décrire la méthodologie déployée auprès des fabricants de pulvérisateurs (§10.2). Les résultats issus de l'analyse du processus de conception et de l'activité de ces fabricants font l'objet de la partie suivante (§10.3). Enfin, dans la dernière partie de ce chapitre, nous proposons une conclusion qui apporte des réponses à la deuxième hypothèse (§10.4).

## 10.1. Objectifs de recherche

En considération de la deuxième hypothèse, les objectifs associés à l'analyse du processus de conception et de l'activité des fabricants de pulvérisateurs visent à identifier et caractériser :

- Les enjeux (qualité, financier, innovation, etc.) associés à la conception des pulvérisateurs viticoles ;
- Le niveau de prise en compte et d'analyse de l'activité de travail réelle des agriculteurs au cours des activités de traitement avec pulvérisateurs ;
- Le niveau de prise en compte et d'analyse des risques de contamination aux pesticides des agriculteurs au cours des activités de traitement avec pulvérisateurs ;
- Les difficultés rencontrées par les concepteurs à anticiper la diversité des situations de travail ;
- La place accordée à la technique au cours du processus de conception.

## 10.2. Méthodologie de recherche

### 10.2.1. Le terrain d'étude

Au regard de la construction de la démarche avec les différents acteurs (§8.2, pp. 141-142), il est important de rappeler que le terrain d'étude concernant les fabricants de pulvérisateurs se limite au seul fabricant A. En effet, compte tenu de leur projet de développement d'une nouvelle gamme de pulvérisateurs, c'est avec ce fabricant que nous avons travaillé.

La réunion de démarrage organisée au cours de la première année du projet de recherche (mai 2019) a permis de récolter des informations générales sur l'entreprise. Le fabricant A est une PME dont le nombre de salariés est compris entre 100 et 199. Le bureau d'étude est constitué d'une vingtaine de personnes qui travaillent en conception assistée par ordinateur (CAO). Le fabricant A appartient à un groupement d'entreprises spécialisé dans la pulvérisation pour l'agriculture et l'industrie. En dépit de cette appartenance, l'entreprise reste tout de même indépendante sur le développement de ses produits. Ces derniers concernent intégralement des pulvérisateurs agricoles destinés à la grande culture, la viticulture et l'arboriculture. Les pulvérisateurs utilisés en grande culture représentent plus de la moitié du chiffre d'affaires de l'entreprise en raison des évolutions rapides de cette filière et de la place qu'elle occupe sur le territoire français. En ce qui concerne l'arboriculture et la viticulture, le chiffre d'affaires ne dépasse pas 15 % compte tenu des parts de terres agricoles moins importantes pour ces filières.

### 10.2.2. Le développement de la nouvelle gamme de pulvérisateurs

Avant de décrire spécifiquement la méthodologie déployée pour la compréhension des activités de conception, il convient de rappeler que l'objectif de notre collaboration avec le fabricant A était double. En effet, notre participation au projet de conception de la nouvelle gamme de pulvérisateurs était à la fois l'occasion d'analyser leur activité de conception mais aussi de leur apporter des éléments de terrain sous la forme de repères de conception. Dans un souci de confidentialité, ces repères de conception et les transformations opérées auprès des concepteurs ne feront pas l'objet de résultats spécifiques. Toutefois, il est important de fournir des éléments de compréhension puisque notre participation a permis de faire évoluer la conception de la future machine et d'alimenter l'analyse des activités de conception.



### 10.2.2.1. L'équipe projet

L'équipe formée pour contribuer au développement de la nouvelle gamme de pulvérisateurs était constituée d'une dizaine de personnes. Suivant notre participation aux réunions, aux mises en place des prototypes et aux essais dans les exploitations, la présence de ces acteurs pouvait varier selon leurs contraintes professionnelles respectives. En effet, pour le fabricant A, 7 à 10 personnes étaient amenées à participer au projet : le chef de projet, le responsable marketing, un commercial, 2 à 3 ingénieurs projeteurs, le responsable du bureau d'études (BE), le directeur R&D et un inspecteur technique. Dans l'optique d'avoir l'avis d'une personne en charge de la vente des matériels et à même d'être une ressource quant aux retours clients, le fabricant A a sollicité un distributeur. Enfin, les deux chefs d'exploitation concernés par la mise en place des prototypes au sein de leur exploitation faisaient partie intégrante de l'équipe.

### 10.2.2.2. Le calendrier de notre participation

Au cours de l'année 2019, nous avons participé aux mises en place et aux essais des prototypes au sein de deux exploitations viticoles. Ces exploitations faisaient partie des terrains d'étude recrutés dans le cadre des analyses décrites au chapitre précédent. Les mises en place consistaient à réceptionner et à régler les prototypes afin que les agriculteurs puissent les utiliser aux prochains traitements. Les essais réalisés par les concepteurs avec l'aide des agriculteurs visaient quant à eux à vérifier la fiabilité du matériel (stabilité, pulvérisation, écartement des rampes et des descentes, etc.) et la performance de la pulvérisation (ventilation, pression, débit, etc.) sur les rangs de vigne. Dans l'intention de fournir des repères de conception utiles au développement de la future machine, notre participation visait également à recueillir des données sur l'utilisation du prototype au sein d'une exploitation. Des observations filmées ont été réalisées afin de produire des résultats qualitatifs et quantitatifs sur les difficultés rencontrées par l'agriculteur à l'utilisation du prototype. À l'issue de la production de ces résultats et des essais réalisés, une réunion a ensuite été organisée pour échanger sur les évolutions à apporter au prototype. Ces évolutions tenaient compte des essais réalisés par les concepteurs, des retours des agriculteurs et de nos analyses. Le tableau ci-dessous correspond au calendrier de notre participation au cours de l'année 2019 (*cf.* Tableau 29, p. 205).

Type de participation	Dates
Mises en place et essais des prototypes au sein des deux exploitations concernées	4, 5 et 6 juin 2019
	11 septembre 2019
Recueil de données sur l'utilisation du prototype au sein d'une exploitation	13 juin 2019
Réunion pour apporter des évolutions à la conception du prototype	18 septembre 2019

Tableau 29 – Calendrier de la participation au projet de conception d'une nouvelle gamme de pulvérisateurs (2019)

Au début de l'année 2020, les résultats présentés dans le chapitre précédent ont donné lieu à une restitution auprès du fabricant A en présence du chef de projet, du responsable marketing, du responsable BE et du directeur R&D. Cette restitution avait pour objectif de discuter des situations problématiques détectées dans les exploitations afin de faire évoluer la conception du prototype. En complément de cette restitution, deux documents ont été fournis. Le premier présentait une description des besoins identifiés lors de l'utilisation des pulvérisateurs suite à l'analyse des activités de traitement (*cf.* Annexe E, p. 386). En fonction des difficultés d'usage identifiées, le second document visait à définir et présenter les fonctions attendues pour chacun des organes du pulvérisateur (*cf.* Annexe F, p. 387). La restitution et les documents fournis aux concepteurs ont permis de faire évoluer la conception de la nouvelle gamme. De plus, les retours directs des agriculteurs aux concepteurs suite à l'utilisation des prototypes ont grandement participé à faire évoluer cette conception. Plusieurs réunions ont eu lieu au cours de l'année 2020 afin de favoriser l'ensemble des échanges. Les évolutions données au prototype ont alors nécessité de nouvelles mises en place et de nouveaux essais au sein des exploitations. Le tableau ci-dessous correspond au calendrier de notre participation durant l'année 2020 (*cf.* Tableau 30).

Type de participation	Dates
Restitution des résultats issus des analyses menées dans les exploitations	18 février 2020
Réunions pour apporter des évolutions à la conception du prototype	18 et 20 mars 2020
	31 mars 2020
	20 avril 2020
Mises en place et essais des prototypes au sein des deux exploitations concernées	16 et 17 juin 2020
	5 novembre 2020

Tableau 30 – Calendrier de la participation au projet de conception d'une nouvelle gamme de pulvérisateurs (2020)

Au début de l'année 2021, une autre réunion a eu lieu afin d'envisager de nouvelles modifications sur les prototypes. Une fois ces modifications effectuées, un prototype a de nouveau été mis en place dans une exploitation pour réaliser des essais et être utilisé par le chef d'exploitation pour les traitements. Le tableau ci-dessous correspond au calendrier de notre participation au cours de l'année 2021 (cf. Tableau 31).

Type de participation	Dates
Réunion pour apporter des évolutions à la conception du prototype	24 février 2021
Mises en place et essais du prototype au sein d'une exploitation	30 avril 2021

Tableau 31 – Calendrier de la participation au projet de conception d'une nouvelle gamme de pulvérisateurs (2021)

Pour ces trois années, des échanges téléphoniques réguliers ont également eu lieu avec le chef de projet afin de rester informés sur les avancées du projet. Même si de nombreuses données ne peuvent pas être présentées dans le cadre de ce manuscrit en raison des accords de confidentialité, notre participation au projet a permis de réaliser des observations et des entretiens en vue d'alimenter la compréhension des activités de conception.

### 10.2.3. Le recueil des données

#### 10.2.3.1. Les observations

Dans le cadre de notre participation au projet de développement d'une nouvelle gamme de pulvérisateurs, des observations ont pu être menées afin d'analyser l'activité des concepteurs au regard des objectifs de recherche mentionnés précédemment. De nature exploratoire, ces observations ont permis de recueillir différentes données au cours des réunions, des mises en place des prototypes et des essais réalisés au sein des exploitations. Toutefois, lors de ces événements, les discussions n'ont pas pu être enregistrées. Au cours des réunions, la méthodologie de recueil était basée sur la prise de notes. En ce qui concerne les mises en place et les essais, les données récoltées étaient dépendantes des échanges auxquels il était possible d'assister. En effet, différents groupes de discussion pouvaient se former autour des prototypes et des pulvérisateurs. Selon notre niveau de participation aux échanges, il était parfois possible de prendre directement des notes. Sinon, une synthèse des événements significatifs discutés durant les échanges était réalisée à la fin de chaque journée. Les notes réalisées au cours des

réunions, des mises en place des prototypes et des essais se sont focalisées selon les critères suivants : les enjeux liés au processus de conception ; la prise en compte du travail réel des agriculteurs ; les difficultés d’anticipation des besoins réels des agriculteurs ; la prise en compte des risques, dont les risques de contamination aux pesticides ; et la place de la technique. La description de ces critères est présentée dans le tableau ci-dessous (cf. Tableau 32).

<b>Critères</b>	<b>Description</b>
Enjeux associés au processus de conception	- Les concepteurs mentionnent les enjeux (qualité, coût, délais, innovation, etc.) liés aux processus de conception
Prise en compte du travail réel des agriculteurs	- Les concepteurs analysent l’activité de travail réelle des agriculteurs lors de l’utilisation de leur pulvérisateur - Les concepteurs questionnent les agriculteurs quant à leurs besoins à intégrer dans la conception
Difficultés d’anticipation des besoins réels des agriculteurs	- Les concepteurs rencontrent des difficultés à anticiper la diversité des besoins des agriculteurs - Les concepteurs rencontrent des difficultés à anticiper la diversité des situations de travail
Prise en compte des risques dont les risques de contamination	- Les concepteurs analysent les risques liés à l’utilisation des pulvérisateurs - Les concepteurs tiennent compte des risques de contamination aux pesticides lors de l’utilisation des pulvérisateurs
Place de la technique	- Les concepteurs mentionnent des solutions techniques pour la conception

Tableau 32 – Description des critères guidant les observations pour la compréhension des activités de conception

#### 10.2.3.2. Les entretiens

En raison des limites liées aux accords de confidentialité, des entretiens ont été menés avec les concepteurs afin d’obtenir des données complémentaires aux observations réalisées. Ces entretiens ont pu être conduits lors de notre présence au sein de l’entreprise dans le cadre de la restitution des résultats (cf. Tableau 30, p. 205). En vue de répondre aux objectifs fixés, différents thèmes étaient abordés au cours de ces entretiens. Ces thèmes sont les suivants : les généralités sur le poste occupé ; les généralités sur le processus de conception ; les enjeux liés au processus de conception ; la prise en compte de l’activité de travail réelle des agriculteurs ; la prise en compte du risque de contamination aux pesticides ; et la prise en compte de la réglementation au cours du processus de conception. Ce dernier thème permettra d’apporter des éléments de réponse à la troisième hypothèse qui fera l’objet du chapitre suivant. Afin d’aborder

au mieux ces différents thèmes durant les entretiens, des guides ont été conçus (*cf.* Annexe G, pp. 388-389). Ces guides d’entretien étaient spécifiques à chaque personne rencontrée en raison des particularités liées à son statut.

Le tableau ci-dessous correspond au calendrier et à la durée des entretiens réalisés avec les différents concepteurs (*cf.* Tableau 33).

<b>Concepteurs</b>	<b>Date</b>	<b>Durée</b>
Ingénieur projeteur 1	18 février 2020	50 minutes
Responsable BE	18 février 2020	40 minutes
Responsable marketing	18 février 2020	1h04
Responsable industrialisation	19 février 2020	44 minutes
Ingénieur projeteur 2	19 février 2020	57 minutes
Chef de projet	19 février 2020	50 minutes

Tableau 33 – Calendrier et durée des entretiens menés avec les concepteurs

#### 10.2.4. Le traitement des données

##### 10.2.4.1. Analyse des observations

En raison des critères définis pour le recueil des données lors des observations, les prises de notes n’ont pas nécessité d’analyses spécifiques supplémentaires.

##### 10.2.4.2. Analyse des entretiens

Les six entretiens ont été retranscrits intégralement et l’analyse qualitative des verbalisations s’est focalisée sur les extraits d’entretiens alimentant les thèmes suivants : les généralités sur le déroulement d’un processus de conception ; les enjeux liés au processus de conception ; la prise en compte de l’activité de travail réelle des agriculteurs ; les difficultés d’anticipation des besoins des agriculteurs ; la prise en compte des risques dont les risques de contamination aux pesticides ; et la place de la technique. La description des verbatims recherchés selon les différents thèmes est présentée dans le tableau ci-dessous (*cf.* Tableau 34, p. 209).

<b>Thèmes</b>	<b>Description des verbatims recherchés</b>
Généralités sur le déroulement d'un processus de conception	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Explication des différentes étapes qui constituent un processus de conception d'un pulvérisateur</li> <li>- Liens entre les différentes étapes</li> <li>- Acteurs concernés par ces différentes étapes</li> <li>- Difficultés et/ou facilités rencontrées pour chacune des étapes</li> </ul>
Enjeux liés au processus de conception	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les enjeux liés au processus de conception</li> <li>- Les priorisations effectuées en fonction de ces différents enjeux</li> </ul>
Prise en compte des besoins réels des agriculteurs	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Intérêt à l'égard des besoins réels des agriculteurs</li> <li>- Techniques mises en œuvre pour comprendre l'activité des agriculteurs et leurs besoins</li> </ul>
Difficultés d'anticipation des besoins réels des agriculteurs	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Le caractère de ces difficultés (diversité des agriculteurs, diversité des exploitations, différences entre régions, etc.)</li> <li>- Les effets engendrés sur le processus de conception</li> </ul>
Prise en compte des risques de contamination aux pesticides	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Intérêt à l'égard des risques dont les risques de contamination aux pesticides des agriculteurs</li> <li>- Techniques mises en œuvre pour identifier et analyser ces risques</li> </ul>
Place de la technique	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Place accordée à la technique dans le processus de conception</li> <li>- Priorité donnée à la technique en comparaison des besoins des agriculteurs et des risques</li> </ul>

Tableau 34 – Description des verbatims recherchés selon les thèmes d'analyse des entretiens menés avec les concepteurs (1)

### 10.3. Résultats

Eu égard aux objectifs de recherche énoncés précédemment, cette deuxième partie de résultats vise à mettre en visibilité la place accordée au travail réel des agriculteurs dans la conception des pulvérisateurs. En guise d'introduction, la première partie est attribuée aux grandes étapes qui constituent cette conception (§10.3.1). Les enjeux liés au processus de conception font l'objet de la deuxième partie (§10.3.2). En raison de ces enjeux, la partie suivante vise à apporter des éléments de réponses quant à la prise en compte de l'activité réelle de travail des agriculteurs au cours du processus de conception (§10.3.3). En complément, il convient également de détailler la prise en compte des risques, dont les risques de contamination aux pesticides (§10.3.4). Enfin, et au regard des résultats précédents, la dernière partie a pour objectif de mettre en évidence la place accordée à la technique dans la conception des pulvérisateurs (§10.3.5).

En raison des accords de confidentialité liés au développement de la nouvelle gamme de pulvérisateurs, certains résultats restent d'ordre général et ne peuvent faire l'objet d'éléments plus détaillés. Afin d'illustrer au mieux les résultats présentés, les propos sont accompagnés d'extraits d'entretiens quand cela le permet.

### 10.3.1. Généralités sur le processus de conception

Le processus de conception d'un pulvérisateur relève d'une démarche générale comparable au processus de conception d'autres artefacts. En effet, ce processus est constitué de différentes étapes :

- L'analyse du besoin qui consiste à recenser les besoins des utilisateurs à l'origine de la création du futur pulvérisateur ;
- La rédaction du cahier des charges qui consiste à définir les fonctions, les résultats à atteindre en vue de répondre à ces besoins ;
- La traduction du cahier des charges en faisabilités techniques qui consiste à définir les moyens permettant d'atteindre les fonctions attendues ;
- L'étude des faisabilités techniques par la conception d'un prototype ;
- Les essais du prototype afin de produire des pronostics sur les avantages et les inconvénients des choix de conception ;
- Le bilan qui consiste à définir de nouvelles orientations pour la conception et à poursuivre en industrialisation ;
- L'industrialisation qui vise à produire la machine en série en commençant par la conception de machines dites « *bêta* ».

Ces différentes étapes sont schématisées en annexe (*cf.* Annexe H, p. 390)

### 10.3.2. Les enjeux liés au processus de conception

#### 10.3.2.1. L'innovation

Le processus de conception d'un pulvérisateur résulte d'une diversité d'enjeux. Parmi eux figure l'innovation. En effet, au regard des éléments de contexte développés dans la première partie du manuscrit, les innovations s'avèrent cruciales dans le secteur des agroéquipements. Les défis liés à la transition vers l'agroécologie et l'agriculture de précision demandent aux

concepteurs de développer des solutions techniques innovantes pour répondre aux attentes de la filière. Ces attentes sont d'autant plus importantes dès lors que la concurrence est plus avancée sur la gamme de pulvérisateurs dont il est question pour le développement.

Concepteur

*« On arrive en retard par rapport à la concurrence donc on ne peut pas copier parce que copier et arriver derrière, ça ne sert à rien donc faut qu'on se mette un cran d'avance. »*

Au cours des échanges lors des mises en place et des essais des prototypes au sein des exploitations, les concepteurs soulignaient fréquemment l'importance de proposer des solutions techniques innovantes pour se démarquer de la concurrence. Toutefois, il est essentiel que ces solutions répondent à un besoin.

Concepteur

*« L'innovation, elle est utile que si elle est reconnue par le client. Si on fait de l'innovation pour faire de l'innovation, ça ne sert à rien. On a fait un super truc, c'est super, énorme, mais on s'en fout. Voilà, c'est effectivement comprendre ce que le client ou le marché a besoin pour apporter de l'innovation derrière. »*

Les enjeux d'innovation peuvent être mis en perspective des enjeux liés aux contraintes temporelles, en raison des difficultés rencontrées par les concepteurs dans le développement de nouvelles solutions techniques.

#### 10.3.2.2. Les délais

Les enjeux liés aux délais constituent les principales contraintes pour les fabricants au cours d'un projet de conception.

Chercheur

*« Selon toi, quelles sont les principales contraintes que tu rencontres dans le développement d'un nouveau pulvé ? »*

Concepteur

*« Le temps [rires]. Il n'y a pas forcément de contraintes quand on prend le temps, les contraintes elles sont mises dès le début par le cahier des charges [...]. »*

Ces contraintes temporelles relèvent d'une particularité propre à la conception des pulvérisateurs viticoles du fait de la dépendance à la saisonnalité. En effet, ces machines sont utilisées par les agriculteurs pendant la réalisation des traitements sur une période généralement comprise entre avril et août. Cette spécificité nécessite davantage d'anticipation de la part des concepteurs. Effectivement, il est important que les mises en place et les essais des prototypes, au sein des exploitations, aient lieu durant l'intégralité de cette période d'autant plus que les



conditions de réalisation des traitements diffèrent selon les stades phénologiques de la vigne. Par exemple, le nombre de buses ouvertes est plus important à la fin de la saison lorsque la végétation est plus dense. L'activité des agriculteurs aux différentes étapes du traitement (préparation, application et nettoyage) n'est donc pas la même en début et en fin de saison en raison de l'évolution de la vigne. Pour la période comprise entre septembre et mars, les concepteurs apportent des modifications au prototype suivant le bilan réalisé à l'issue des premiers essais. Il est primordial de respecter ces délais afin d'être en mesure de proposer un nouveau prototype à la saison suivante. La figure ci-dessous illustre la temporalité du processus de conception en lien avec la saisonnalité (cf. Figure 87).

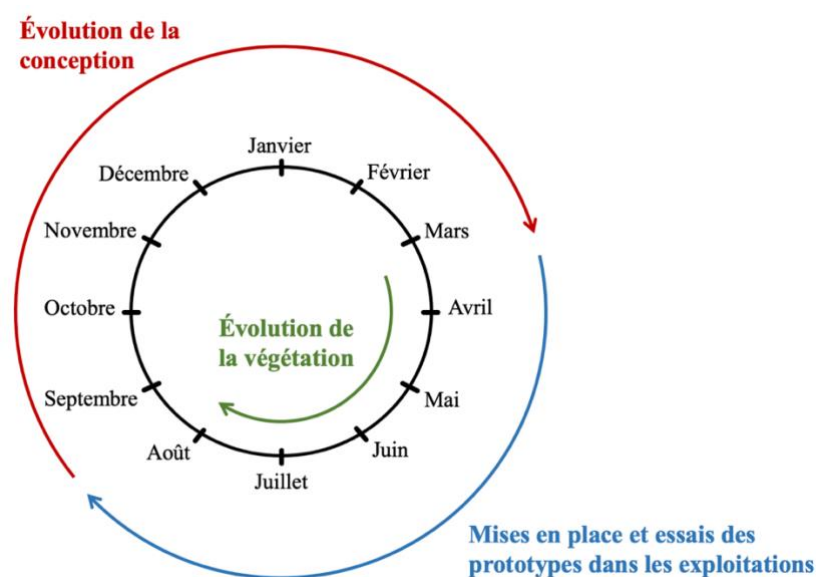


Figure 87 – Temporalité du processus de conception liée à la saisonnalité

Pour les concepteurs, la période permettant de modifier le cahier des charges afin de faire évoluer la conception du prototype constitue un temps relativement restreint.

Concepteur — « Il nous reste à peine six mois pour modifier. »

De ce fait, les concepteurs ne sont pas toujours en mesure d'anticiper la faisabilité technique des solutions techniques proposées, d'autant plus qu'ils travaillent simultanément sur d'autres projets.

Concepteur — « Il [l'ingénieur projeteur] n'a pas suffisamment de temps en gros pour vraiment s'approprier [...], le timing justement fait qu'il a masse de sujets à faire rapidement. »

Les concepteurs peuvent alors être amenés à développer des solutions qui ne sont pas en adéquation avec ce qu'ils avaient imaginé initialement.

Concepteur

« C'est-à-dire que voilà, le temps il tourne et ça ne se débloque pas [solutions techniques aux problèmes]. Et c'est là des fois où on se dit "bah ok tant pis, il y a peut-être de meilleures idées mais on n'a pas le choix, on est obligé d'y aller". Donc voilà, sur des projets comme ça, c'est cet aspect-là [délais] qui est le plus compliqué. »

Lors du développement de la nouvelle gamme de pulvérisateurs, les concepteurs ont à plusieurs reprises proposé des solutions techniques qui étaient en inadéquation avec les besoins des agriculteurs. Alors que les contraintes temporelles étaient déjà importantes, cela avait pour effet de provoquer du retard. Le retard ainsi accumulé ne permettait plus de réaliser les mises en place et les essais des prototypes sur la période normalement propice à cela – à savoir d'avril à août (cf. Figure 87, p. 212). Pour les années 2019 et 2020, ils ont respectivement été réalisés en juin et septembre (cf. Tableau 29, p. 205) puis en juin et novembre (cf. Tableau 30, p. 205). Les mises en place et essais réalisés en septembre et novembre ne sont pas représentatifs des conditions réelles de travail des agriculteurs. Les pesticides habituellement utilisés lors des traitements sont remplacés par de l'eau, la végétation est automnale, les conditions météorologiques différents, etc.

Les contraintes liées aux délais comprennent également la nécessité pour les concepteurs d'anticiper leur participation à des salons. Dans le secteur des agroéquipements, ces salons – qui se déroulent généralement aux mois de novembre et de décembre – représentent des occasions importantes pour les concepteurs d'exposer la future machine. Au cours des échanges, cet enjeu était fréquemment mentionné dès lors que les temporalités du projet de conception étaient discutées.

### 10.3.2.3. La qualité et les coûts

Ajoutés aux délais, les enjeux liés aux coûts et à la qualité représentent également des critères importants au cours d'un projet de conception.

Concepteur

« Aujourd'hui, ce qu'il faut bien voir sur un projet grosso modo, il y a trois critères qui nous mènent, c'est le délai, le coût, la qualité. Ça c'est vraiment les trois fers de lance, c'est le fameux triangle et l'un ne va pas sans l'autre. Faire un produit hyper technique, super mais s'il n'est pas vendable, c'est pas la peine. Dans un délai irraisonné, c'est plus la même parce que les autres [concurrents] ont avancé et voilà. C'est toujours un compromis. »

Cette notion de compromis se révèle déterminante puisqu'au cours des discussions, les concepteurs ont souvent fait mention de l'importance de concilier ces trois critères. La prise en compte des besoins réels des agriculteurs se heurte alors à ce compromis. En effet, il est fréquent que les choix de conception opérés dans le sens de cette prise en compte se transforment en option à l'achat du pulvérisateur. Le prix de vente final représente une contrainte importante.

Concepteur

*« Aussi bien qu'on puisse faire [...] on va toujours être contraint par le prix de revient, le prix de vente final. »*

Lorsque, en restitution, nous avons fait des retours aux concepteurs (cf. Tableau 30, p. 205) sur les besoins réels des agriculteurs à intégrer dans la conception, la problématique des coûts revenait fréquemment dans la discussion. Les solutions techniques visant à tenir compte de critères de santé et de sécurité sont davantage envisagées telles des options que l'agriculteur a le choix de prendre ou non lors de l'achat. La prise en compte des besoins réels des agriculteurs n'est pas une priorité dans les processus de conception. Elle a tendance à occuper une place résiduelle en comparaison des enjeux liés aux délais, aux coûts et à la qualité – autrement dit la technique.

### 10.3.3. La prise en compte des besoins réels des agriculteurs

#### 10.3.3.1. Une diversité de situations de travail et de besoins à anticiper

Tenir compte des conditions réelles de travail et de l'activité des agriculteurs nécessite une anticipation importante de la part des concepteurs. Toutefois, cette anticipation s'avère difficile. En effet, il existe une diversité de situations de travail où des différences notables peuvent s'observer entre les agriculteurs, les exploitations ou encore les régions. Pour autant, les fabricants doivent s'adapter à cette diversité s'ils veulent vendre leur machine au plus grand nombre. Par exemple, d'une région à l'autre, les largeurs de vigne diffèrent ce qui contraint l'activité des concepteurs.

Concepteur

*« Tout ça, c'est pour le marché du Cognac où ils ont des vignes super larges [...]. Là, c'est une contrainte pour nous qui nous fait dimensionner une structure beaucoup plus grosse que si on nous disait qu'on se contente de faire une machine entre guillemets pour le bordelais où c'est tout bien rogné, propre, pas trop large. Là, on pouvait faire quelque chose d'encore plus compact. C'est ça qui est pour moi, c'est cet élément qui était le plus contraignant et compliqué. »*

Des vignes hautes et larges nécessitent des largeurs et des hauteurs de travail plus importantes contrairement à des vignes basses et étroites. Les différences entre les régions et/ou les exploitations se traduisent aussi par l'espacement entre les pieds de vigne, le dévers dans les parcelles, etc. De plus, selon les régions, des obligations réglementaires ou contractuelles spécifiques doivent s'appliquer. Par exemple, dans la région de Cognac, les caves coopératives contraignent les agriculteurs à avoir des pulvérisateurs avec des panneaux récupérateurs.

Concepteur

« La société a évolué et voilà et puis on voit bien tous les enjeux d'image qu'il peut y avoir ou par exemple qui sont liés à ça. C'est le cas du Cognac où on a [cave coopérative] qui est en train d'imposer à ses producteurs d'avoir des panneaux récupérateurs et là je pense que c'est plutôt une question d'image sur leur produit. »

La diversité des situations de travail se caractérise aussi au regard des agriculteurs. À ce niveau, les concepteurs font part des difficultés qu'ils rencontrent pour anticiper l'ensemble des besoins.

Concepteur

« On ne peut pas rencontrer tous les clients. Et le problème, voilà parfois tu vas tomber sur des machines qui sont dans des exploitations qui sont utilisées par 4 personnes différentes, voilà on sait qu'on ne les rencontrera pas toutes. »

Concepteur

« Il y en a qui veulent plein d'électronique tout ça mais qui veulent quand même garder l'outil manuel [...]. Ceux qui veulent les niveaux de cuve mécanique qui s'affichent en cabine mais ils veulent aussi pouvoir voir le niveau de cuve qui est affichée par flotteur. C'est aussi tout ça nous qui nous rajoute des contraintes. »

Concepteur

« Et même si on va à l'extrême on se dit qu'il s'en sert 10/12 fois par an par rapport à un chauffeur de taxi [...] qui est 24h dans sa voiture, ce n'est pas les mêmes contraintes non plus donc je pense que ce n'est pas évident de par la diversité des avis clients. Voilà, après il faut arriver à faire la synthèse. »

La diversité liée aux agriculteurs peut aussi être mise en perspective des différences existant entre les petites et les grandes exploitations. En effet, à ce niveau, les besoins et les attentes diffèrent en raison des moyens financiers disponibles pour investir. Les concepteurs doivent donc être en mesure de réaliser des compromis pour proposer des machines qui conviennent au plus grand nombre.

Concepteur

« On le voit en grande culture, des très très grosses exploitations, eux ils achètent des machines qui sont poussées [en termes de technologies] parce que le prix de la machine ce n'est pas ce qu'ils leur importent le plus. »

Lors des premières mises en place des prototypes au sein des exploitations, les concepteurs n'avaient pas anticipé certaines formes de diversité comme l'espace entre les pieds de vigne, les dévers, la taille de la végétation, etc. Ainsi, les premiers choix de conception ne permettaient pas de répondre à cette diversité et donc aux besoins réels des agriculteurs, ce qui a participé au retard pris au cours du projet.

### 10.3.3.2. Pas de techniques d'analyse des usages des agriculteurs

Même si les concepteurs rencontrent des difficultés à anticiper la diversité des situations de travail, ils ne mettent pas en place de techniques spécifiques afin de comprendre l'activité de travail des agriculteurs. Les connaissances liées à cette compréhension se traduisent surtout par des échanges avec les clients.

Concepteur « C'est échanger avec les clients, c'est le marketing, c'est la sensibilité terrain [...]. Pour arriver à comprendre ça [ce que le client ou le marché a besoin], c'est vraiment l'échange qui est important. »

Ces échanges sont principalement réalisés par le commercial. Ce dernier est alors en mesure de faire remonter les informations aux concepteurs. En effet, étant donné qu'ils ne se déplacent pas dans les exploitations en amont d'un projet de conception afin de comprendre l'activité des agriculteurs, les retours formulés par le commercial constituent la principale source de « retours d'informations terrain ».

Concepteur « C'est aussi le retour d'info terrain, le retour d'info avec le commercial. On a une chance chez nous quand même c'est qu'on est très en contact avec la partie commerciale. »

Concepteur « On est obligé de faire confiance à nos collègues qui eux sont sur le terrain et qui nous font remonter les informations. Eux ils vont juger que telle information est importante. Donc à nous d'intégrer cette information-là et de leur faire confiance sur ce qui est nécessaire. »

En complément des retours formulés par le commercial, les concepteurs orientent leurs choix de conception selon leurs expériences professionnelles, mais aussi personnelles. En effet, ils tiennent compte de représentations « globales » issues de leurs propres expériences.

Concepteur « Non mais en plus, je suis issu d'une famille viticole [...] enfin j'ai pas mal vu aussi les contraintes qu'il pouvait y avoir sur de l'accessibilité de divers éléments ou la maniabilité d'un pulvé et tout ça. On va dire que j'ai déjà un pseudo retour terrain [...]. »

Concepteur

*« Avec l'expérience, en général on perçoit assez bien comment sont utilisées les machines même si on a souvent besoin de se mettre à jour et puis les pratiques sont souvent liées à l'utilisateur, chacun a sa façon de faire mais globalement on voit comment sont utilisées les machines et il y a aussi une expérience personnelle. Je suis issu du milieu viticole aussi. »*

Toutefois, ces représentations de l'activité des agriculteurs peuvent être déficitaires du fait que les concepteurs ne se déplacent pas sur le terrain en amont des projets de conception. En effet, l'accès au terrain et les échanges avec les agriculteurs arrivent tardivement puisqu'ils ont principalement lieu lors des mises en place et des essais des prototypes au sein des exploitations. Cela ne permet pas aux fabricants d'anticiper suffisamment les difficultés rencontrées par les agriculteurs. Par exemple, ce sont les essais qui ont permis de rendre compte des problématiques liées à l'emplacement de la jauge.

Concepteur

*« On s'en est rendu compte il n'y a pas longtemps, c'est qu'on pensait que le poste de mise en œuvre était à l'avant de la machine et que la cuve était à l'arrière. Au final, la visibilité de la jauge, elle se fait pas bien du poste de mise en œuvre [...] et que du tracteur, le mec il n'allait pas pouvoir voir sa jauge parce que la rampe était devant. »*

Les essais des prototypes au sein des exploitations ont également été l'occasion pour les concepteurs de se rendre compte de l'intérêt d'anticiper les stades phénologiques de la vigne. Les premiers essais ont été réalisés au mois de juin et les fabricants n'avaient pas prévu que cette période correspondrait à la chute des capuchons floraux. Ignorant les effets de ce stade sur la réalisation du traitement, les essais ont difficilement été concluants en raison des solutions techniques proposées. En effet, ces dernières ne permettaient pas de gérer l'accumulation d'embruns sur le prototype. Du fait des différentes difficultés rencontrées lors des mises en place et des essais – que ce soit vis-à-vis des stades phénologiques de la vigne ou de la diversité des situations de travail – les concepteurs prennent conscience de l'importance du terrain. Comme l'indique un concepteur, pour prouver qu'une solution ne fonctionne pas, il faut attendre que le « terrain parle ».

Concepteur

*« Je n'avais pas assez d'expérience pour dire "les gars je le sens pas votre truc". C'est le terrain qui a parlé. »*

Les concepteurs ont conscience que l'éloignement au terrain ne permet pas une compréhension de l'activité de travail des agriculteurs.

Concepteur

*« Je reconnais que parfois derrière un écran on s'éloigne un peu de la réalité, voilà. »*

Malgré cela, la compréhension des besoins des agriculteurs ne fait pas l'objet d'analyses spécifiques en amont des projets de conception. Basée essentiellement sur des échanges avec les clients, cette compréhension est lacunaire en dépit de l'anticipation de certaines difficultés en production. En effet, sur les lignes de production et d'assemblage, les opérations de montage permettent de rendre compte des difficultés que pourraient rencontrer les agriculteurs.

Concepteur

« Si nous on a des difficultés à monter nos machines, forcément le client final aura des difficultés à maintenir. Typiquement, si je dois monter à 2m de haut pour assembler une pièce, ça veut dire que l'agriculteur devra monter à 2m de haut pour pouvoir désassembler cette pièce et la modifier. Et ça, c'est assez critique, monter à 2m sur une machine, il y a un risque de chute. »

### 10.3.3.3. Une faible représentativité des agriculteurs

Le nombre d'agriculteurs mobilisés au cours du développement de la nouvelle gamme ne permet pas d'avoir des retours représentatifs de la diversité des besoins et des situations de travail.

Concepteur

« On rencontre des utilisateurs dans le démarrage d'un proto ou etc. mais ça ne va jamais très loin et puis c'est souvent assez peu exhaustif. On rencontre une personne, deux personnes et [...] on a que deux sons de cloche. »

Ce manque de représentativité s'accroît en raison du fait qu'ils mobilisent toujours les mêmes agriculteurs.

Concepteur

« Quoiqu'à un moment, faut pas non plus qu'on sclérose le truc en disant qu'on va toujours voir les mêmes parce que ces gens-là, ils auront peut-être des idées mais son voisin a peut-être d'autres idées, d'autres visions, d'autres régions parce que c'est d'autres méthodes. »

Même si les fabricants ont conscience que cette méthode présente des limites pour tenir compte de la diversité, il est toutefois difficile pour eux d'envisager d'intégrer des agriculteurs qui seraient moins avancés techniquement. Les viticulteurs mobilisés pour l'utilisation du prototype avaient une connaissance élevée de la technique et parlaient le même langage que les concepteurs. Dès lors qu'il y avait un dysfonctionnement sur le prototype, ils étaient capables d'apporter des réparations en réalisant, par exemple, du soudage. De plus, s'il était nécessaire de changer des pièces, les agriculteurs étaient en mesure de le faire eux-mêmes.

Concepteur

*« Il y a des sujets où c'est compliqué de mettre des gens qui ont moins de notions techniques, et d'autres au contraire où c'est imaginable. Dès qu'on est sur une feuille blanche comme pour [prototype], à mon avis, c'est très compliqué de mettre des personnes qui en gros actuellement prennent leur machine traitent et rentrent chez eux sans vraiment s'inquiéter du pourquoi du comment [...] tu peux très bien imaginer avoir quelqu'un qui s'en sert bêtement on va dire [...] et puis forcément il aura un retour différent de quelqu'un de pointu mais les deux seront à prendre en compte. »*

La technique occupe une place majeure au cours du processus de conception, c'est pourquoi il est important pour les fabricants d'échanger avec des agriculteurs qui sont en mesure de les « challenger ».

Concepteur

*« Essayer de cibler des clients. Pour le moment, c'est des clients principaux, relativement technique. [...] ça serait bien aussi d'identifier des gens qui le sont moins mais déjà avoir au moins des retours d'expérience sur des gens qui peuvent nous challenger aussi, techniquement qui peuvent appréhender le produit, c'est quand même riche et voilà il faut s'appuyer dessus. »*

S'appuyer sur ces agriculteurs représente effectivement une occasion de faire évoluer la conception. Néanmoins, cela n'est pas suffisant pour comprendre et prendre en compte la diversité des besoins réels des agriculteurs.

#### 10.3.4. La prise en compte des risques

##### 10.3.4.1. De quels risques parlent les concepteurs ?

Lorsque nous interrogeons un concepteur sur l'analyse et la prise en compte des risques au cours du processus de conception, sa réponse s'oriente sur les risques mécaniques, électriques, hydrauliques, mais aussi les risques liés aux délais ou encore aux fournisseurs.

Concepteur

*« On parlait tout à l'heure de l'analyse de structure, est-ce que la rampe elle va casser ? C'en est un [risque]. [...] est-ce que derrière il y a un risque sur le délai, est-ce qu'on connaît nos fournisseurs, est-ce que la techno elle est connue sur le marché et ça donne des niveaux de risque différents par fonction, par point de vigilance, voilà. »*

Même si nous n'avions effectivement pas précisé à quels risques nous faisons référence, cette réponse souligne la faible prise en compte des risques pour les agriculteurs liés à l'utilisation de la machine. À l'instar de la prise en compte des besoins réels des agriculteurs, les concepteurs



ne mettent en place aucune méthode d'analyse spécifique des risques liés à l'utilisation. Les fabricants ont conscience de ce manquement et de la probabilité – un jour – de devoir faire face à un accident.

Concepteur

« On n'applique aucune méthode sur l'analyse des risques clairement. Donc c'est souvent qu'on s'est dit qu'on joue un peu avec le feu car s'il arrive un jour un pépin, bah voilà. »

Dès lors, s'ils sont amenés à tenir compte de certains risques, c'est avant tout pour répondre aux exigences essentielles de la [directive 2006/42/CE](#) – dite « directive machines ».

Concepteur

« On va se caler à ce que nous demande aujourd'hui la réglementation du travail pour se dire, voilà une plateforme, c'est telle dimension, telle hauteur, ok, on est conforme, on a fait ce qu'il fallait. Pour monter, il faut un garde-corps. Voilà, ce genre de choses qu'on va faire mais voilà on a vraiment... inconsciemment on fait le minimum. »

Les résultats liés à l'utilisation de la réglementation au cours du processus de conception et à son contenu font l'objet du chapitre suivant.

#### 10.3.4.2. Les risques de contamination aux pesticides

Même si les concepteurs prennent au fur et à mesure conscience de l'importance de tenir compte des risques liés aux pesticides, aucune technique d'analyse spécifique n'est mise en place lors du développement d'une nouvelle gamme.

Concepteur

« À ce stade peu, il ne faut pas se leurrer, ça devrait être plus le cas [prise en compte des risques liés aux pesticides]. »

Comme pour l'anticipation des difficultés rencontrées par les agriculteurs, les opérations de montage sur les lignes de production peuvent jouer un rôle dans la prise en compte des risques de contamination. Même si cela n'est pas suffisant, ces opérations donnent à voir sur les contacts potentiels que l'agriculteur peut avoir avec sa machine.

Concepteur

« Nous on assemble les machines donc on est forcément en contact avec la machine. On va forcément remplir nos machines, on rentre même dans les cuves pour faire perçages ce genre de choses. Donc on imagine que l'agriculteur... »

Néanmoins, la prise en compte des risques de contamination ne constitue pas un avantage pour les concepteurs. En effet, les développements qui en découlent ne sont pas nécessaires en raison du fait que les machines se vendent malgré les difficultés que peuvent engendrer les choix de conception.

Concepteur

« [...] sur le [gamme de pulvérisateurs] il y a des choses qui ne sont tellement pas accessibles, enfin qui sont critiquées depuis des années. Enfin, la machine marche donc ça n'empêche pas d'acheter mais je sais que le bloc hydraulique qui est coincé derrière la cuve et la ventil [ventilation], ça ils aiment pas trop car par exemple quand il faut se mettre sous la machine, c'est pas top. »

D'autant plus que ces développements nécessiteraient des coûts supplémentaires. C'est l'exemple de la vanne de vidange qui mériterait d'être à hauteur d'homme pour en faciliter l'ouverture et éviter les risques de contamination.

Concepteur

« La vanne de vidange faut qu'elle soit à hauteur d'homme ok mais faut qu'elle soit en bas parce que ça ne va jamais descendre enfin... idéalement oui on voudrait la mettre bien, à moins de remettre un équipement qui fait que ça pompe pour envoyer dans la vanne de vidange mais là c'est des coûts, des positionnements prix associés. »

Compte tenu des habitudes d'achat, les solutions techniques proposées et/ou les organes sont réutilisés d'une gamme à l'autre, nonobstant les risques de contamination associés.

Concepteur

« [...] par exemple, le couvercle [...] quand on va dessiner une cuve, qu'est-ce qu'on va faire, on va prendre le couvercle qui existe dans le commerce sans se dire "oui il est chiant à manœuvrer, il risque de contaminer" ça existe c'est tout fait donc on se dit on prend ça. Il y a forcément des réflexes qui font qu'on ne se pose pas ces questions-là parce que par historique on a toujours utilisé ces composants-là donc on va aller chercher ces mêmes composants. »

Les coûts associés aux développements de solutions visant à prévenir les situations d'exposition aux pesticides ne représentent pas une valeur ajoutée qu'ils pourraient valoriser auprès des agriculteurs. En effet, ils considèrent que ces derniers ne sont pas réceptifs à ces solutions en raison de leur mauvaise volonté à se protéger.

Concepteur

« [...] mais quelle est la valeur ajoutée qu'on peut mettre sur un produit pour maîtriser ou diminuer ces problèmes de contamination ? [...] mais au bout d'un moment on va être très limité [...] il faut que l'appareil soit sur le prix du marché avec des spécifications. Une fois de plus dire au client "oui on est X % plus cher que la concurrence parce qu'on a pris en compte que votre contamination allait être comme ci et comme ça, vous vous rendez compte c'est un appareil qui est beaucoup plus sécuritaire". Si le client en face il n'est pas réceptif et aujourd'hui, ils ne le sont pas. [...] quand ils ouvrent les filtres sans gants, les trucs comme ça, c'est pas possible, ils le font exprès. Ils sont tous conscients qu'il y a des problèmes de contamination. »

En l'absence de développements de solutions techniques visant à prévenir les situations d'exposition aux pesticides, les concepteurs ont tendance à transférer la responsabilité sur les agriculteurs. En effet, ce sont ces derniers qui doivent faire attention en s'équipant correctement.

Concepteur

*« Il y a un moment, ça passe aussi par les EPI. On ne pourra pas tout, je pense garantir. »*

Les concepteurs n'ont quasiment pas de contact avec les fabricants de pesticides pour discuter de la dangerosité des produits. Lorsqu'ils ont lieu, les échanges ont tendance à s'orienter sur des aspects techniques.

Concepteur

*« [...] moi à ma connaissance c'est assez faible, ça s'arrête au niveau du fabricant de buses par exemple, des choses comme ça, niveau produit peu. S'il y en a, je dirais qu'ils sont plus liés à récupérer des fiches techniques de produit pour identifier si notre cuve elle va être résistante ou des choses comme ça ou si la poudre elle risque de se déposer des choses comme ça [...], mais c'est pas vraiment pour parler du produit, est-ce qu'il est nocif, est-ce qu'il n'est pas nocif ? Ça non, on n'a pas de contact, enfin à ma connaissance [...]. »*

### 10.3.5. La place de la technique

Alors que la prise en compte des besoins réels et des risques de contamination occupe une position résiduelle, la technique prend quant à elle une place importante. Eu égard aux enjeux d'innovation, les concepteurs doivent proposer des solutions techniques de plus en plus importantes.

Concepteur

*« [...] parce que demain, notre démarque, enfin la façon dont on pourra vendre des machines, ça sera en passant par des technicités qui sont plus importantes. [...] donc l'idée c'est que plus on sera technique, plus on sera poussé en termes de technologies, de caméras, de trucs. »*

Au cours des mises en place et des essais des prototypes au sein des exploitations, les concepteurs faisaient régulièrement référence à la technique. Pour eux, il est avant tout important de proposer des solutions portées sur la technique de pulvérisation.

Concepteur

*« L'appareil idéal, c'est ce qu'on disait ce matin, l'appareil idéal et mes gars ils seront tous d'accord avec ça, l'appareil idéal c'est techniquement on se fait plaisir. »*

Les essais réalisés dans les rangs de vigne visaient uniquement à vérifier la fiabilité du matériel (stabilité, pulvérisation, écartement des rampes et des descentes, etc.) et la performance de pulvérisation (ventilation, pression, débit, etc.). Ces éléments sont somme toute essentiels dans la conception d'un pulvérisateur, mais la place qu'ils occupent ne permet pas de comprendre l'activité de travail des agriculteurs. En effet, les essais réalisés n'ont concerné que la phase d'application des produits. Les étapes de préparation et de nettoyage – qui ne sollicitent pas la technique de pulvérisation en tant que telle – n'ont pas été simulées au cours des essais.

Cette approche technocentrée s'accroît du fait des compétences techniques des agriculteurs sélectionnés pour le développement de la nouvelle gamme. En effet, les agriculteurs sont très avancés techniquement en raison de leur capacité à apporter des modifications au prototype, à démonter des pièces et à tenir des discussions soutenues avec les concepteurs du point de vue de la technique. Le verbatim suivant a déjà été utilisé pour illustrer la faible représentativité des agriculteurs sollicités pour le développement de la nouvelle gamme, mais il permet d'appuyer ce constat.

Concepteur

« Essayer de cibler des clients. Pour le moment, c'est des clients principaux, relativement techniques. [...] ça serait bien aussi d'identifier des gens qui le sont moins mais déjà avoir au moins des retours d'expérience sur des gens qui peuvent nous challenger aussi, techniquement qui peuvent appréhender le produit, c'est quand même riche et voilà il faut s'appuyer dessus. »

## 10.4. Conclusion : réponse à la deuxième hypothèse

Cette deuxième partie de résultats permet de répondre à la deuxième hypothèse. Pour rappel, l'hypothèse est la suivante :

H2

Les activités de conception des pulvérisateurs seraient principalement orientées sur la technique ce qui ne permettrait pas de prendre suffisamment en compte l'activité de travail réelle des viticulteurs lors de l'utilisation de leur matériel et les risques de contamination associés.

### 10.4.1. Le processus de conception au prisme de différents enjeux

Les principaux enjeux qui caractérisent un processus de conception sont les délais, les coûts et la technique. En raison des attentes de la filière en matière d'agriculture de précision pour

répondre aux besoins de l'agroécologie, ces trois critères sont de fait traversés par des enjeux d'innovation (cf. Figure 88).

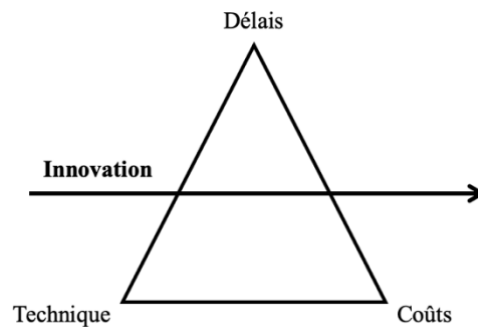


Figure 88 – Principaux enjeux liés au processus de conception des pulvérisateurs

En effet, les enjeux liés à l'innovation sont importants, mais les solutions techniques pour répondre à ces enjeux sont très tributaires des délais et des coûts. Des conflits de critères sont alors mis en évidence. Les concepteurs sont amenés à réaliser des compromis afin de trouver un équilibre pour proposer des solutions techniques innovantes dans un délai et pour un coût raisonnable. Compte tenu des contraintes concurrentielles, l'innovation se traduit également par la capacité à concevoir des pulvérisateurs accessibles au plus grand nombre. À ce niveau, cela demande aux fabricants une capacité d'anticipation liée à la diversité des situations de travail. Néanmoins, en raison de la faible prise en compte de l'activité des agriculteurs, cette anticipation présente des difficultés. Cela peut avoir pour conséquence d'augmenter les conflits à l'égard de la recherche d'équilibre entre les différents critères (innovation, technique, délais et coûts). Les solutions proposées sont alors en inadéquation avec les besoins réels des agriculteurs.

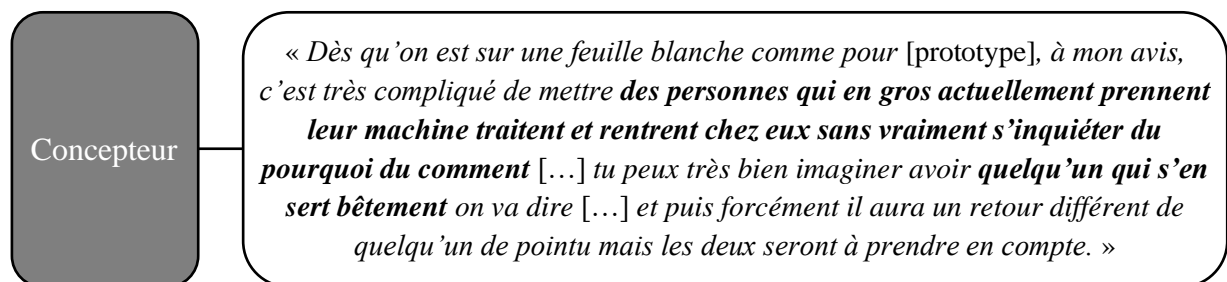
#### 10.4.2. Une conception principalement orientée sur la technique

Compte tenu de l'absence de techniques spécifiques d'analyse des usages et des risques de contamination, les solutions proposées par les concepteurs sont principalement orientées sur la technique. Ces résultats sont à l'image des résultats obtenus dans le cadre de l'analyse des activités de traitement. L'analyse des besoins – première étape qui constitue le développement d'une nouvelle gamme de pulvérisateurs – se traduit par des échanges avec les clients. Ces échanges – majoritairement réalisés par le commercial – représentent les principales sources d'information en matière de « *retours terrain* ». Les concepteurs ne se déplacent pas sur le terrain au cours de cette première étape dans l'intention d'avoir une vision globale des activités de traitement et des potentielles difficultés à anticiper. En raison de cela, la définition du cahier

des charges s'orientent principalement sur des aspects techniques afin de répondre aux attentes en matière de pulvérisation. Lors de la mise en place et des essais des prototypes au sein des exploitations, l'accès au terrain par les fabricants et leurs échanges avec les agriculteurs sont tardifs. Du fait de l'avancement de la conception, les modifications à réaliser sur les prototypes ne sont plus aussi évidentes qu'en début de projet malgré les retours pertinents issus des essais et des échanges. Cela peut être mis en perspective avec la temporalité paradoxale des situations de conception (cf. Figure 23, p. 124). Les contraintes temporelles rencontrées par les concepteurs sont d'autant plus accentuées qu'ils sont extrêmement tributaires de la saisonnalité. Les essais réalisés ne tiennent alors parfois pas compte des conditions réelles de réalisation des traitements. À l'issue des essais, la place accordée à la technique et les fortes contraintes liées aux délais et aux coûts ne permettent pas la recherche d'un équilibre avec des enjeux de santé et de sécurité du point de vue de l'utilisation. En somme, les machines conçues ne tiennent pas suffisamment compte de l'activité réelle de travail des agriculteurs et des situations d'exposition aux pesticides qui en découlent. Les limites inhérentes aux différentes étapes du processus de conception sont représentées en annexe (cf. Annexe I, p. 391).

#### 10.4.3. Une représentation lacunaire de l'activité des agriculteurs

En raison des éléments développés jusqu'à maintenant, il est possible d'avancer que les concepteurs ont une représentation lacunaire des activités de traitement. L'absence de techniques d'analyse des usages et des risques de contamination constitue une méconnaissance de la complexité et de la singularité des situations de travail. En effet, le manque d'anticipation lié aux stades phénologiques de la vigne, aux essais réalisés seulement pour la phase d'application ou encore à la diversité des situations de travail (régions, exploitations, agriculteurs) alimente ce constat. Cette représentation lacunaire peut aussi être mise en perspective de la considération portée sur les agriculteurs et leur activité.



Cette représentation de l'utilisation tend à considérer le pulvérisateur seulement dans sa composante artefactuelle et non comme un instrument au service de l'action des agriculteurs.

Les concepteurs n'envisagent pas les agriculteurs comme des concepteurs dans l'usage alors qu'il existe un intérêt à inscrire les processus de genèses instrumentales dans le cycle d'ensemble de la conception (cf. Figure 24, p. 134). La représentation lacunaire des activités de traitement se traduit également par la faible prise en compte des risques de contamination. En effet, aucune technique spécifique n'est mise en place pour prévenir ces risques. À ce niveau, il apparaît une problématique essentielle qui tend à transférer la responsabilité des situations d'exposition aux pesticides sur les agriculteurs.

#### 10.4.4. Les activités de conception : déterminants de la conception des pulvérisateurs

En raison des résultats présentés au sein de ce chapitre, il est possible d'avancer que les activités de conception déterminent la conception des pulvérisateurs – eux-mêmes considérés comme des déterminants techniques des activités de traitement. Au prisme de différents enjeux, avec une place importante accordée à la technique, les activités de conception ne permettent pas de tenir suffisamment compte de l'activité de travail des agriculteurs et des situations d'exposition aux pesticides qui en découlent. En ce sens, il est possible d'envisager les activités de conception comme le déterminant d'un déterminant – à savoir le pulvérisateur. Ces déterminants en chaîne influencent les activités de traitement et l'apparition de situations d'exposition aux pesticides (cf. Figure 89).

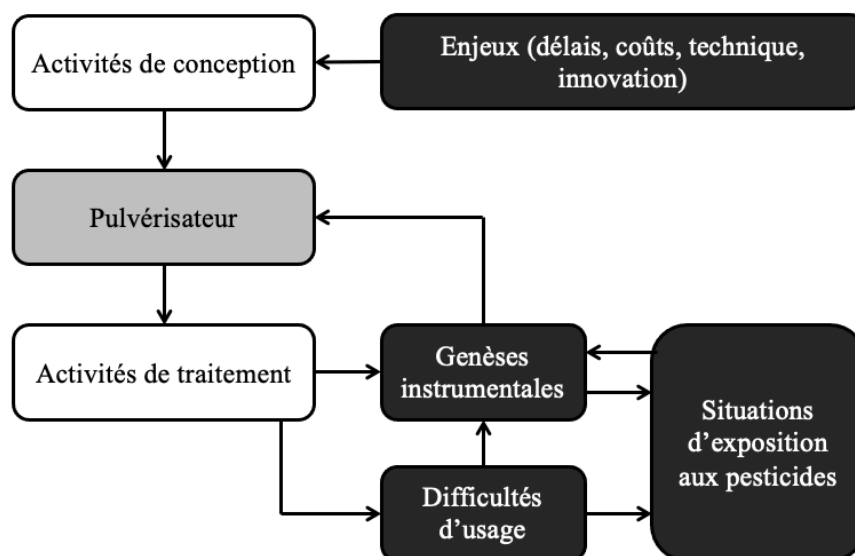


Figure 89 – Les activités de conception comme déterminants de la conception des pulvérisateurs

# Chapitre 11. La réglementation dans et pour la conception

Au sein de ce chapitre, nous souhaitons apporter des réponses à la troisième hypothèse formulée précédemment. Pour rappel, l'hypothèse est la suivante :

H3

La conception des pulvérisateurs serait elle-même déterminée par une diversité d'exigences réglementaires qui auraient tendance à complexifier l'activité des concepteurs dans la prise en compte de l'activité de travail réelle des viticulteurs.

Afin de répondre à cette troisième hypothèse, il convient dans un premier temps d'énoncer les objectifs qu'elle sous-tend (§11.1). La formulation de ces objectifs permet ensuite de décrire la méthodologie déployée, d'une part, auprès des fabricants de pulvérisateurs et des acteurs en charge de l'élaboration des normes techniques et, d'autre part, pour analyser le contenu des normes juridiques et techniques (§11.2). Les résultats issus de ces différentes analyses font l'objet de la partie suivante (§11.3). Enfin, dans la dernière partie de ce chapitre, nous proposons une conclusion qui apporte des réponses à la troisième hypothèse (§11.4).

## 11.1. Objectifs de recherche

En considération de la troisième hypothèse, les objectifs associés à l'analyse de l'activité des fabricants de pulvérisateurs visent à identifier et caractériser :

- La réglementation (normes juridiques et techniques) utilisée par les fabricants au cours du processus de conception ;
- Les difficultés et facilités rencontrées par les concepteurs à identifier cette réglementation ;
- Les difficultés et facilités rencontrées par les concepteurs à appliquer cette réglementation ;
- Les avantages et inconvénients pour les concepteurs à participer à l'élaboration des normes techniques.



Les analyses menées auprès des acteurs en charge de l'élaboration de la réglementation visent à identifier et caractériser :

- Le point de vue de ces acteurs quant aux difficultés rencontrées par les concepteurs à identifier et à appliquer la réglementation ;
- Les lacunes reconnues de la réglementation applicable à la conception des pulvérisateurs.

Enfin, les objectifs associés à l'analyse du contenu de la réglementation visent à identifier et caractériser :

- L'hétérogénéité de la réglementation ;
- Les manquements des fabricants aux exigences réglementaires au regard de l'analyse des activités de traitement ;
- Les lacunes de la réglementation.

## 11.2. Méthodologie de recherche

### 11.2.1. Le terrain d'étude

#### 11.2.1.1. Les concepteurs

Le terrain d'étude concernant les fabricants de pulvérisateurs est le même que celui décrit au chapitre précédent (§10.2.1, p. 203).

#### 11.2.1.2. Les acteurs en charge de l'élaboration des normes techniques

Pour rappel, la construction de la démarche avec les acteurs en charge de l'élaboration des normes techniques a été rendue possible grâce au réseau d'acteurs construit en début de projet (§8.4, p. 143). En effet, ce sont les échanges menés avec les acteurs du machinisme agricole, de la prévention et les fabricants de pulvérisateurs qui ont permis de faciliter les échanges avec des acteurs en charge de l'élaboration des normes techniques. Au total, ce sont neuf personnes qui ont été sollicitées pour réaliser les entretiens. Le choix de ces neuf personnes visait à tenir compte de la diversité des profils participant à l'élaboration des normes techniques (*cf.* Tableau 35, p. 229).

<b>Acteurs</b>	<b>Rattachement</b>	<b>Spécialité</b>
Ingénieur conseil	AXEMA	Machinisme agricole
Concepteur	Fabricant A	Machinisme agricole
Chef de projet en normalisation (1)	AFNOR	Santé et sécurité au travail
Chef de projet en normalisation (2)	AFNOR	Agriculture
Chargé de mission	MAA	Santé et sécurité au travail
Ergonome	Cabinet de conseil	Ergonomie
Ingénieur technique	INRAE	Machinisme agricole
Inspecteur du travail	DREETS	Agriculture
Chargé de contrôle de la prévention	MSA	Agriculture

Tableau 35 – Rattachement et spécialité des acteurs interviewés en charge de l'élaboration des normes techniques

## 11.2.2. Le recueil des données

### 11.2.2.1. Les entretiens avec les concepteurs

Les entretiens menés avec les concepteurs du Fabricant A étaient également l'occasion d'analyser la place de la réglementation au sein de leur activité. De ce fait, d'autres thèmes ont été abordés durant ces entretiens : la réglementation utilisée au cours du processus de conception ; les difficultés et facilités liées à l'identification et à l'application des normes juridiques et techniques en matière de conception des pulvérisateurs ; et les avantages et inconvénients pour les fabricants de participer à l'élaboration des normes techniques. Afin d'aborder au mieux ces différents thèmes pendant les entretiens, des guides ont été conçus (*cf.* Annexe G, pp. 388-389). Pour rappel, ces guides d'entretien étaient spécifiques à chaque personne rencontrée en raison des particularités liées à son statut. Le calendrier des entretiens réalisés et leur durée est décrit au sein du tableau 33 présenté précédemment (p. 208).

### 11.2.2.2. Les entretiens avec les acteurs en charge de l'élaboration des normes techniques (1)

Les entretiens menés avec les acteurs en charge de l'élaboration des normes techniques ont été réalisés en distanciel. En vue de répondre aux objectifs fixés, différents thèmes ont été abordés au cours de ces entretiens : les difficultés et facilités liées à l'identification des normes juridiques et techniques et les lacunes liées à la réglementation applicable à la conception des pulvérisateurs. Afin d'aborder au mieux ces différents thèmes pendant les entretiens, des guides

ont été conçus (*cf.* Annexe J, p. 392). Ces guides d’entretien étaient spécifiques à chaque acteur interviewé en raison de son rattachement et de sa spécialité (*cf.* Tableau 35, p. 229).

Le tableau ci-dessous correspond au calendrier et à la durée des entretiens réalisés avec chacun des acteurs participant à l’élaboration des normes techniques (*cf.* Tableau 36).

<b>Acteurs</b>	<b>Date</b>	<b>Durée</b>
Ingénieur conseil	15 juin 2020	1h02
Responsable marketing	29 juillet 2021	1h14
Chef de projet en normalisation	19 août 2020	1h01
Chef de projet en normalisation	12 juin 2020	1h37
Chargé de mission	15 septembre 2020	1h43
Ergonome	3 juillet 2020	1h01
Ingénieur technique	12 juin 2020	1h18
Inspecteur du travail	1 juillet 2020	1h09
Chargé de contrôle de la prévention	17 juillet 2020	1h02

Tableau 36 – Calendrier et durée des entretiens menés avec les acteurs en charge de l’élaboration de normes techniques

#### 11.2.2.3. Les normes juridiques et techniques applicables à la conception des pulvérisateurs

L’analyse du contenu de la réglementation nécessitait d’identifier les principales normes juridiques et techniques applicables à la conception des pulvérisateurs viticoles. En matière de normes juridiques, il convient de mentionner principalement la [directive 2006/42/CE](#) amendée en 2009 par la [directive 2009/127/CE](#), laquelle traite spécifiquement des pulvérisateurs. Afin de respecter les exigences essentielles de santé et de sécurité de la [directive 2006/42/CE](#), les principales normes techniques harmonisées à prendre en considération sont les normes [EN ISO 12100](#), [EN ISO 4254-1](#), [EN ISO 4254-6](#), [EN 15695-1](#) et [EN 15695-2](#). Pour les exigences essentielles de la [directive 2009/127/CE](#) relatives à la protection de l’environnement, les normes techniques harmonisées sont les normes [EN ISO 16119-1](#) et [EN ISO 16119-3](#). Ces normes juridiques et techniques sont présentées plus en détail en annexe (*cf.* Annexe K, pp. 393-394).

### 11.2.3. Le traitement des données

#### 11.2.3.1. Analyse des entretiens menés avec les concepteurs

Pour rappel, ce sont six entretiens qui ont été réalisés avec les concepteurs. Ces entretiens ont été retranscrits intégralement et l'analyse qualitative des verbalisations s'est focalisée sur les extraits d'entretien alimentant les thèmes suivants : la réglementation utilisée au cours du processus de conception ; les difficultés et facilités liées à l'identification et à l'application des normes juridiques et techniques applicables à la conception des pulvérisateurs ; et les avantages et inconvénients pour les concepteurs de participer à l'élaboration des normes techniques. La description des verbatims recherchés selon les différents thèmes est présentée dans le tableau ci-dessous (*cf.* Tableau 37).

Thèmes	Description des verbatims recherchés
La réglementation utilisée au cours du processus de conception	<ul style="list-style-type: none"><li>- Les normes juridiques et/ou techniques utilisées pour la conception des pulvérisateurs</li><li>- Les intérêts de la « <i>nouvelle approche</i> »</li><li>- L'intégration des exigences réglementaires au cours du processus de conception</li></ul>
Difficultés et facilités liées à l'identification des normes juridiques et techniques applicables à la conception des pulvérisateurs	<ul style="list-style-type: none"><li>- L'hétérogénéité des normes techniques (quantité, autoréférencement)</li><li>- L'intérêt de la veille réglementaire</li></ul>
Difficultés et facilités liées à l'application des normes juridiques et techniques applicables à la conception des pulvérisateurs	<ul style="list-style-type: none"><li>- Les évolutions des normes juridiques et/ou techniques</li><li>- Le contenu des normes techniques</li><li>- L'adéquation et/ou inadéquation des exigences réglementaires avec les solutions proposées par les concepteurs</li><li>- L'adéquation et/ou inadéquation des exigences réglementaires avec les besoins réels des agriculteurs</li></ul>
Intérêts de participer à l'élaboration des normes techniques	<ul style="list-style-type: none"><li>- Les avantages de participer à l'élaboration des normes techniques</li><li>- Les inconvénients de participer à l'élaboration des normes techniques</li></ul>

Tableau 37 – Description des verbatims recherchés selon les thèmes d'analyse des entretiens menés avec les concepteurs (2)

### 11.2.3.2. Analyse des entretiens menés avec les acteurs en charge de l'élaboration des normes techniques (1)

Les neuf entretiens réalisés avec les acteurs en charge de l'élaboration des normes techniques ont été retranscrits intégralement et l'analyse qualitative des verbalisations s'est focalisée sur les extraits d'entretien alimentant les thèmes suivants : les difficultés et facilités liées à l'identification des normes (juridiques et techniques) et les lacunes liées à la réglementation applicable à la conception des pulvérisateurs. La description des verbatims recherchés selon les différents thèmes est présentée dans le tableau ci-dessous (*cf.* Tableau 38).

<b>Thèmes</b>	<b>Description des verbatims recherchés</b>
Difficultés et facilités liées à l'identification des normes juridiques et techniques applicables à la conception des pulvérisateurs	- L'hétérogénéité des normes techniques (quantité, autoréférencement) - L'intérêt de la veille réglementaire
Lacunes liées au contenu de la réglementation applicable à la conception des pulvérisateurs	- L'inadéquation des exigences réglementaires avec les besoins réels des agriculteurs - L'inadéquation des exigences réglementaires avec la prévention des situations d'expositions aux pesticides

Tableau 38 – Description des verbatims recherchés selon les thèmes d'analyse des entretiens menés avec les acteurs en charge de l'élaboration des normes techniques (1)

### 11.2.3.3. Analyse du contenu des normes juridiques et techniques applicables à la conception des pulvérisateurs (1)

Le contenu des normes juridiques et techniques a été analysé selon différents critères relatifs aux activités de conception, mais également aux activités de traitement. En effet, les exigences essentielles des normes juridiques ou les spécifications des normes techniques harmonisées influencent ces deux types d'activité. Les différents critères d'analyse et leur description font l'objet du tableau ci-dessous (*cf.* Tableau 39, p. 233).

En raison des objectifs du projet, les normes [EN ISO 16119-1](#) et [EN ISO 16119-3](#) relatives à la protection de l'environnement ne font pas l'objet de ces analyses.

Critères	Description
L'hétérogénéité de la réglementation	- Les références normatives présentes au sein d'une même norme
La prise en compte des risques dont les risques de contamination	- Les exigences réglementaires pertinentes au regard de l'analyse des activités de traitement - Les exigences réglementaires lacunaires au regard de l'analyse des activités traitement - Le manque de dimension contraignante vis-à-vis des activités de conception
La prise en compte du travail réel des agriculteurs	- Les exigences réglementaires pertinentes au regard de l'analyse des activités de traitement - Les exigences réglementaires lacunaires au regard de l'analyse des activités traitement - Le manque de dimension contraignante vis-à-vis des activités de conception

Tableau 39 – Description des critères pour l'analyse du contenu des normes juridiques et techniques applicables à la conception des pulvérisateurs (1)

### 11.3. Résultats

Eu égard aux objectifs de recherche énoncés précédemment, cette troisième partie de résultats s'intéresse à la place de la réglementation dans (utilisation des réglementations par les concepteurs) et pour la conception (contenu même des réglementations). Pour cela, la première partie tend à décrire la réglementation applicable à la conception des pulvérisateurs (§11.3.1). Les deuxième et troisième parties ont pour objectif d'explicitier les difficultés rencontrées par les fabricants à identifier (§11.3.2) et à appliquer les exigences réglementaires (§11.3.3). Compte tenu de ces difficultés, il s'agit ensuite de mettre en visibilité les manquements des concepteurs à ces exigences (§11.3.4) et d'expliquer – à travers le contenu des normes juridiques et techniques – leur origine (§11.3.5). L'analyse du contenu de ces réglementations met en évidence un certain nombre de lacunes. Les dernières parties de résultats visent à décrire ces lacunes dans la prise en compte du travail réel des agriculteurs (§11.3.6) et dans la prise en compte des risques de contamination (§11.3.7).

Afin d'illustrer au mieux les résultats présentés, les propos sont accompagnés d'extraits d'entretiens (concepteurs et acteurs en charge de l'élaboration des normes techniques), mais aussi de citations issues des normes juridiques et techniques étudiées. Pour des raisons de confidentialité, les extraits d'entretiens sont seulement accompagnés de la mention « concepteur » ou « acteur ».

### 11.3.1. La réglementation applicable à la conception des pulvérisateurs

#### 11.3.1.1. La « nouvelle approche »

Afin de commercialiser leurs machines au sein de l'ensemble des États membres, les concepteurs doivent respecter les exigences essentielles de la [directive 2006/42/CE](#), révisée en 2009 par la [directive 2009/127/CE](#) spécifiquement dédiée aux pulvérisateurs.

La [directive 2006/42/CE](#) – dite « *directive machines* » – relève d'un dispositif d'harmonisation au niveau européen : la « *nouvelle approche* ». Ce dispositif repose sur la distinction entre deux types de dispositions : les normes juridiques et les normes techniques. Les normes juridiques (les directives) définissent des objectifs, des exigences essentielles que les fabricants doivent respecter pour être en mesure de vendre leurs machines sur le marché européen. Afin d'atteindre ces objectifs, la « *nouvelle approche* » prévoit l'adoption de normes techniques dites « *harmonisées* ». En effet, ces normes techniques proposent des spécifications techniques dont le respect offre une présomption de conformité aux exigences essentielles de la directive machines.

Ce dispositif présente un avantage pour les fabricants en ce qu'il vise à harmoniser les exigences des différents États membres, favorisant ainsi la circulation des machines.

Concepteur

« Nous, on a tous intérêt en tant que constructeurs à ce que les exigences soient les mêmes d'un pays à l'autre. Et la normalisation évidemment participe à ça. Donc ça, c'est un peu politique entre guillemets ou stratégique [...] »

Cette logique d'harmonisation permet également aux concepteurs de se protéger de l'entrée sur le marché européen de nouveaux concurrents qui ne respecteraient pas les exigences essentielles imposées par la [directive 2006/42/CE](#).

Concepteur

« [...] par rapport à l'entrée de concurrents qui viennent d'autres pays c'est aussi quelque part un moyen de limiter. Par exemple, en Europe, les réglementations qu'on a, quelqu'un qui vient de l'extérieur s'il n'est pas conforme à la directive machines, il ne peut pas vendre ses machines en Europe. On peut dire c'est du protectionnisme ou je ne sais pas quoi. Mais c'est sûr que les normes c'est aussi un outil malgré tout, on peut dire ce qu'on veut, mais c'est une manière de se protéger. »

### 11.3.1.2. L'intérêt des normes harmonisées

La « *nouvelle approche* » représente également un intérêt particulier pour les fabricants en raison de la possibilité d'avoir recours aux normes harmonisées pour être en conformité avec la directive machines. Exceptées certaines, les normes harmonisées sont d'application volontaire. En ce sens, il est possible pour les fabricants de s'en écarter s'ils sont en mesure de prouver par d'autres moyens qu'ils atteignent les objectifs fixés par la [directive 2006/42/CE](#). Néanmoins, les concepteurs utilisent principalement les normes harmonisées dans le but de se conformer aux exigences essentielles de cette directive.

Concepteur

« *Oui, on se fonde quand même principalement sur les normes.* »

Au sein de chaque norme harmonisée, l'annexe ZA établit la relation entre le contenu de la norme et les exigences essentielles de la directive. Les spécifications techniques ainsi définies au sein des normes harmonisées permettent de fournir des moyens précis de répondre aux objectifs de la directive. Par exemple, la capacité de la cuve de rinçage est précisément définie au sein de la norme [EN ISO 16119-3](#) pour répondre aux exigences de la [directive 2009/127/CE](#).

Concepteur

« *Dans la profession, la plupart des personnes font référence à la norme et non pas à la directive. Donc si on prend par exemple le cas des pulvérisateurs, on dit faut une cuve de rinçage qui fait 10% du volume de la cuve principale ou 10 fois le volume résiduel diluable. C'est pas écrit dans la directive ça, c'est écrit dans la norme.* »

En raison des difficultés que les fabricants pourraient rencontrer à comprendre les objectifs fixés par la directive et à trouver par eux-mêmes les moyens d'y répondre, les normes harmonisées représentent un moyen privilégié de faciliter la conception.

Concepteur

« *Pour construire la norme, il faut avoir fait tout le travail d'analyse de la directive, quelles sont les exigences, etc. tout le travail a donc déjà été fait donc ça simplifie quand même beaucoup la tâche des constructeurs.* »

« *Si le constructeur devait par lui-même définir comment il doit se conformer aux exigences essentielles de la directive machine qui sont des fois un peu floues, c'est pas évident [...]. Donc finalement les normes elles sont là aussi pour aider les constructeurs [...] à se conformer à la réglementation.* »

Au cours du processus de conception des pulvérisateurs, il est donc plus simple pour les fabricants d'avoir recours aux normes techniques harmonisées.



### 11.3.1.3. L'intégration des spécifications techniques au cours du processus de conception des pulvérisateurs

Pour la conception des pulvérisateurs (grande culture et arboriculture), les spécifications techniques appliquées par les fabricants relèvent en particulier de cinq normes harmonisées. Ces normes sont présentées dans le tableau ci-dessous (cf. Tableau 40).

Référence	Titre
EN ISO 4254-1	Matériel agricole – Sécurité – Partie 1 : Exigences générales
EN ISO 4254-6	Matériel agricole – Sécurité – Partie 6 : Pulvérisateurs et distributeurs d'engrais liquides
EN ISO 16119-1	Matériel agricole et forestier – Exigences environnementales pour les pulvérisateurs – Partie 1 : Généralités
EN ISO 16119-2	Matériel agricole et forestier – Exigences environnementales pour les pulvérisateurs – Partie 2 : Pulvérisateurs à rampe horizontale
EN ISO 16119-3	Matériel agricole et forestier – Exigences environnementales pour les pulvérisateurs – Partie 3 : Pulvérisateurs pour arbustes et arboriculture

Tableau 40 – Normes harmonisées utilisées par les fabricants pour la conception des pulvérisateurs

Concepteur

« Pour moi, il y a deux normes, c'est des normes de sécurité donc il y a l'EN ISO 4254-1 donc ça c'est une norme de sécurité qui est générale aux machines qui fixe des exigences générales et puis il y a donc la norme 4254-6 qui fixe des exigences plus spécifiques au matériel de protection des cultures. Et ensuite, il y a pour moi une série de 3 normes qui fixe des exigences environnementales sur le matériel neuf, c'est l'EN ISO 16119-1, 2 et 3. »

C'est lors de la rédaction du cahier des charges que les spécifications techniques sont intégrées au processus de conception. Même si la conception est assistée par ordinateur (CAO), ces spécifications ne sont pas directement incluses dans les logiciels. C'est donc aux fabricants de recenser et d'intégrer l'intégralité des exigences réglementaires qu'ils doivent respecter pour être en conformité avec la directive machines.

Concepteur

« Non ce n'est pas intégré dedans [CAO]. [...] C'est intégrer dans les cahiers des charges, c'est-à-dire que voilà moi par exemple c'est mon rôle quand je construis le cahier des charges sur une nouvelle machine de bien indiquer que la machine doit répondre à un certain nombre de normes, donc éventuellement, de manière générale évidemment mais aussi en particulier on peut insister sur certains points etc. [...] Même si ce n'est pas obligatoire aujourd'hui, ça c'est le rôle plutôt en amont dans la définition du cahier des charges [...]. »

Ce sont parfois les nouvelles exigences réglementaires qui orientent la rédaction du cahier des charges, voire même le développement d'une nouvelle gamme.

Concepteur « *Souvent ils [CDC] sont rédigés en fonction des nouvelles normes et puis c'est même aussi parfois l'évolution des normes qui commande le développement d'une nouvelle gamme [...] donc ça peut être aussi le déclencheur en plus du besoin de renouvellement, en plus de l'évolution du marché.* »

Les étapes du processus de conception intégrant la prise en compte des spécifications techniques des normes harmonisées sont présentées en annexe (cf. Annexe L, p. 395).

### 11.3.2. L'identification des normes techniques à appliquer pour la conception des pulvérisateurs

#### 11.3.2.1. La diversité des normes techniques

En se référant au Journal officiel de l'Union européenne (JOUE), environ quatre-vingts normes harmonisées sont susceptibles d'être applicables à la conception des pulvérisateurs (cf. Annexe A, pp. 373-378).

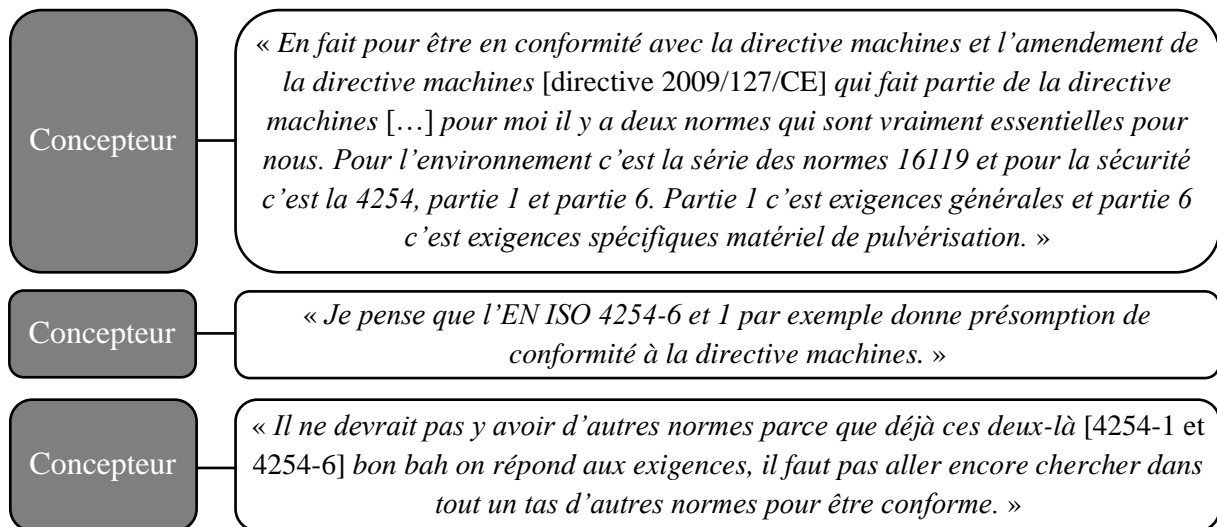
Concepteur « [...] il y en a énormément [des normes techniques]. »

Concepteur « *Oui, il y a tout un château de cartes.* »

Nous employons volontairement le terme « *susceptible* » en raison de l'absence de documents permettant de lister l'ensemble des normes harmonisées réellement applicables à chaque type de machines. En effet, même si les normes harmonisées sont référencées au sein du JOUE, ce document ne permet pas aux concepteurs d'identifier facilement les normes dont ils ont besoin. C'est un journal comprenant quasiment deux cents pages où toutes les normes relatives à la conception de toutes les machines sont mélangées. De ce fait, les fabricants rencontrent des difficultés à identifier les normes harmonisées applicables à la conception des pulvérisateurs et indispensables pour être conforme à la [directive 2006/42/CE](#).

Concepteur « *D'une part pour les identifier, malgré tout, c'est pas toujours évident, nous on essaye de construire une base de données en interne et d'avoir un suivi le plus rigoureux possible, mais c'est difficile d'être exhaustif sur toutes les normes qui existent et qui seraient applicables à mon produit [...].* »

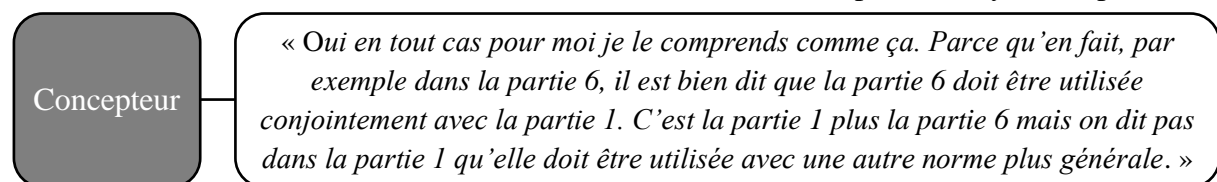
En raison de ces incertitudes, les concepteurs ne se réfèrent qu'à cinq normes techniques harmonisées pour la conception des pulvérisateurs (cf. Tableau 40, p. 236).



L'emploi des formulations « pour moi » ou encore « je pense » renforce l'existence d'une incertitude quant aux normes devant être appliquées pour la conception des pulvérisateurs. Même si les concepteurs font le choix de seulement tenir compte de ces cinq normes, ils sont soumis à un phénomène d'autoréférencement les amenant à consulter d'autres normes.

### 11.3.2.2. Le phénomène d'autoréférencement

Au sein d'une norme technique, il apparaît de nombreux renvois à d'autres normes ce qui complexifie l'identification des normes applicables à la conception des pulvérisateurs. Ce phénomène d'autoréférencement soulève des incertitudes. Par exemple, dans la norme [EN ISO 4254-6](#), il est écrit qu'elle doit être utilisée conjointement avec la norme [EN ISO 4254-1](#). Néanmoins, il existe d'autres références normatives mais le concepteur ne s'y réfère pas.



En effet, au sein de chaque norme harmonisée, il existe une partie nommée « références normatives » à l'intérieur de laquelle sont listées les autres normes techniques « indispensables » pour viser l'application des spécifications techniques.

« Les documents suivants, en totalité ou en partie, sont référencés de manière normative dans le présent document et sont indispensables pour son application. »<sup>148</sup>

<sup>148</sup> Part. 2 de la norme EN ISO 4254-1.

La norme [EN ISO 4254-6](#) fait en réalité référence à quatre autres normes, dont la norme [EN ISO 4254-1](#). Néanmoins, l'emploi de la formulation « *en totalité ou en partie* » est source d'incertitudes quant à l'application des spécifications techniques réellement nécessaires pour la conception. En raison de ces subtilités, les difficultés concernant l'identification des normes applicables à la conception sont renforcées.

Concepteur

*« [...] c'est vrai que ce sont des subtilités qui sont quand même [...] faut vraiment être dans le domaine de la normalisation pour le savoir [...] par rapport à un constructeur qui n'est pas bien averti, il ne le saura pas forcément. [...] mais donc la norme harmonisée elle devient véritablement harmonisée quand elle a été publiée au JO de l'UE et dans la publication [...] il y a une indication comme quoi la norme doit éventuellement être utilisée en complément d'une autre norme. Il peut y avoir une espèce de note qui est ajoutée dans l'information officielle de la publication. Je ne sais pas exactement comment ça se matérialise, mais ça avait été aussi évoqué comme moyen de dire "bah voilà au niveau européen on a la même norme sauf que la norme harmonisée il y a en plus l'obligation de se conformer à telle norme ou de faire référence à telle norme". »*

Le tableau ci-dessous présente une quantification du phénomène d'autoréférencement pour chacune des normes harmonisées utilisées par les fabricants pour la conception des pulvérisateurs (cf. Tableau 41).

Référence	Nombre de normes citées en « <i>références normatives</i> »
EN ISO 4254-1	31
EN ISO 4254-6	4
EN ISO 16119-1	4
EN ISO 16119-2	18
EN ISO 16119-3	15

Tableau 41 – Quantification du phénomène d'autoréférencement des normes techniques harmonisées

De ce fait, l'application d'une norme nécessite systématiquement de se référer à d'autres normes qui, elles-mêmes, auront à leur tour leurs propres références normatives. À ce niveau, une nouvelle difficulté apparaît pour les fabricants car les normes harmonisées n'appartiennent pas toutes à la même catégorie. En effet, il convient de distinguer, selon la Commission européenne<sup>149</sup>, les normes de type A, B et C.

<sup>149</sup> Communication de la Commission dans le cadre de la mise en œuvre de la directive 2006/42/CE du Parlement européen et du Conseil relative aux machines et modifiant la directive 95/16/CE.

### « Normes de type A

*Les normes de type A précisent les notions fondamentales, la terminologie et les principes de conception valables pour tous les types de machines. L'application de ces seules normes, bien que fournissant un cadre essentiel pour l'application correcte de la directive "machines", n'est pas suffisante pour garantir la conformité avec les exigences essentielles de santé et de sécurité de la directive et ne fournit pas une présomption complète de conformité.*

### Normes de type B

*Les normes de type B traitent d'aspects spécifiques de la sécurité des machines ou de types spécifiques de moyens de protection valables pour une large gamme de machines. L'application des spécifications des normes de type B confère une présomption de conformité avec les exigences essentielles de la directive "machines" qu'elles couvrent lorsqu'une norme de type C ou l'évaluation des risques du fabricant montre qu'une solution technique spécifiée par la norme de type B est adéquate pour la catégorie particulière ou le modèle particulier de machine concernée.*

### Normes de type C

*Les normes de type C fournissent des spécifications pour une catégorie donnée de machines. [...] Les normes de type C peuvent faire référence aux normes de type A ou B en précisant les spécifications de la norme de type A ou de type B qui sont applicables à la catégorie de machines concernées. Lorsque, pour un aspect donné de la sécurité des machines, une norme de type C s'écarte des spécifications d'une norme de type A ou B, les spécifications de la norme de type C prévalent sur celles des types A ou B. L'application des prescriptions d'une norme de type C sur la base de l'évaluation des risques faite par le fabricant confère une présomption de conformité de la machine concernée aux exigences essentielles de santé et de sécurité de la directive "machines" couvertes par la norme. Certaines normes de type C se composent de plusieurs parties successives, la partie 1 énonçant les prescriptions générales valables pour une famille de machines. Les autres parties de la norme fournissent des spécifications qui complètent ou modifient les spécifications générales de la partie 1 pour des catégories particulières de machines appartenant à la famille en cause. Pour les normes de type C qui sont organisées de cette manière, la présomption de conformité aux exigences essentielles de la directive "machines" est conférée par l'application cumulée de la partie générale 1 et de la partie spécifique pertinente de la norme. »<sup>150</sup>*

Ainsi, selon la catégorie de la norme, les spécifications techniques dont doivent tenir compte les concepteurs diffèrent. Par exemple, en appliquant les spécifications des normes [EN ISO 4254-1](#) et [EN ISO 4254-6](#) – toutes deux de type C – les fabricants ont la présomption de conformité à la [directive 2006/42/CE](#). Toutefois, ces normes ont pour références normatives communes la norme [EN ISO 12100](#)<sup>151</sup> – de type A – et la norme [EN ISO 13857](#)<sup>152</sup> – de type B.

*« Les machines doivent être conçues selon les principes de l'ISO 12100 :2010, pour les phénomènes dangereux pertinents, mais non significatifs qui ne sont pas traités dans le présent document. »<sup>153</sup>*

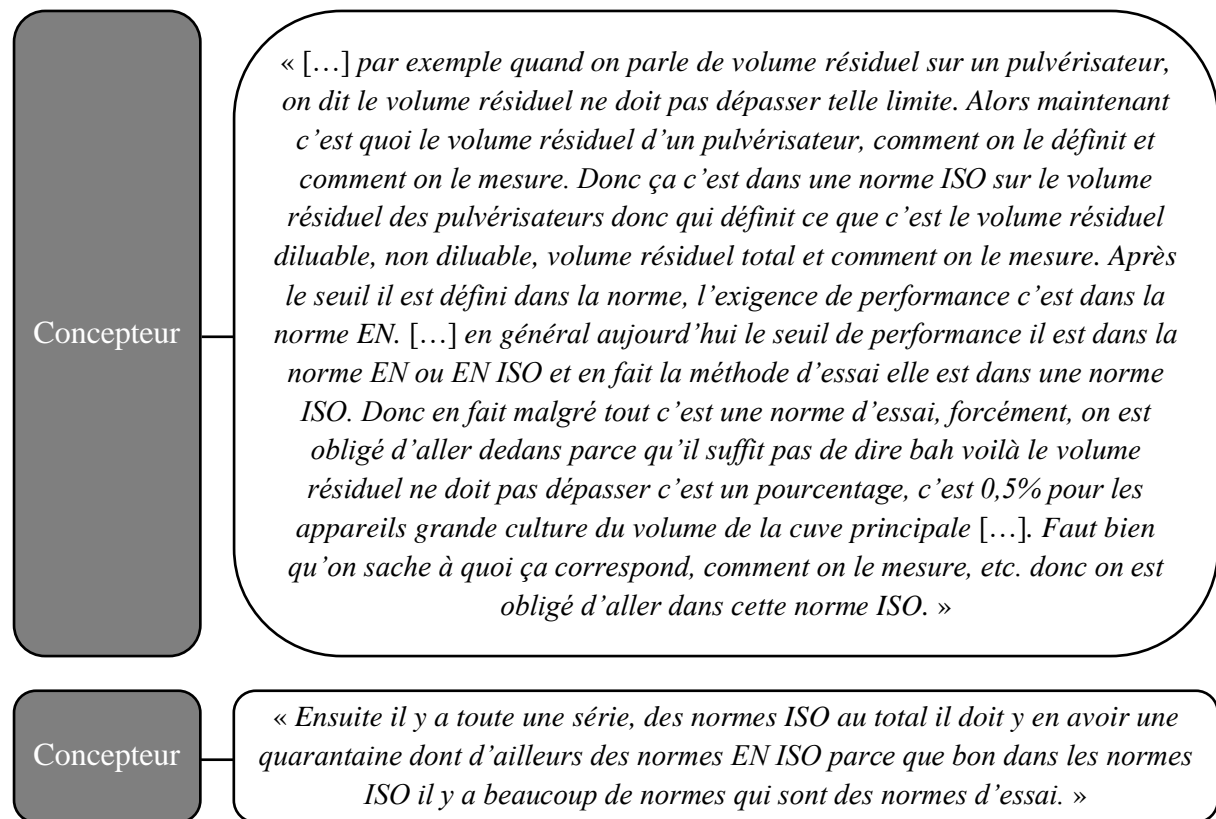
<sup>150</sup> *ibid.*, pp. 1 et 12.

<sup>151</sup> EN ISO 12100 Sécurité des machines – Principes généraux de conception – Appréciation du risque et réduction du risque.

<sup>152</sup> EN ISO 13857 Sécurité des machines – Distances de sécurité empêchant les membres supérieurs et inférieurs d'atteindre les zones dangereuses.

<sup>153</sup> Part. 4.1.1. des normes EN ISO 4254-1 et EN ISO 4254-6.

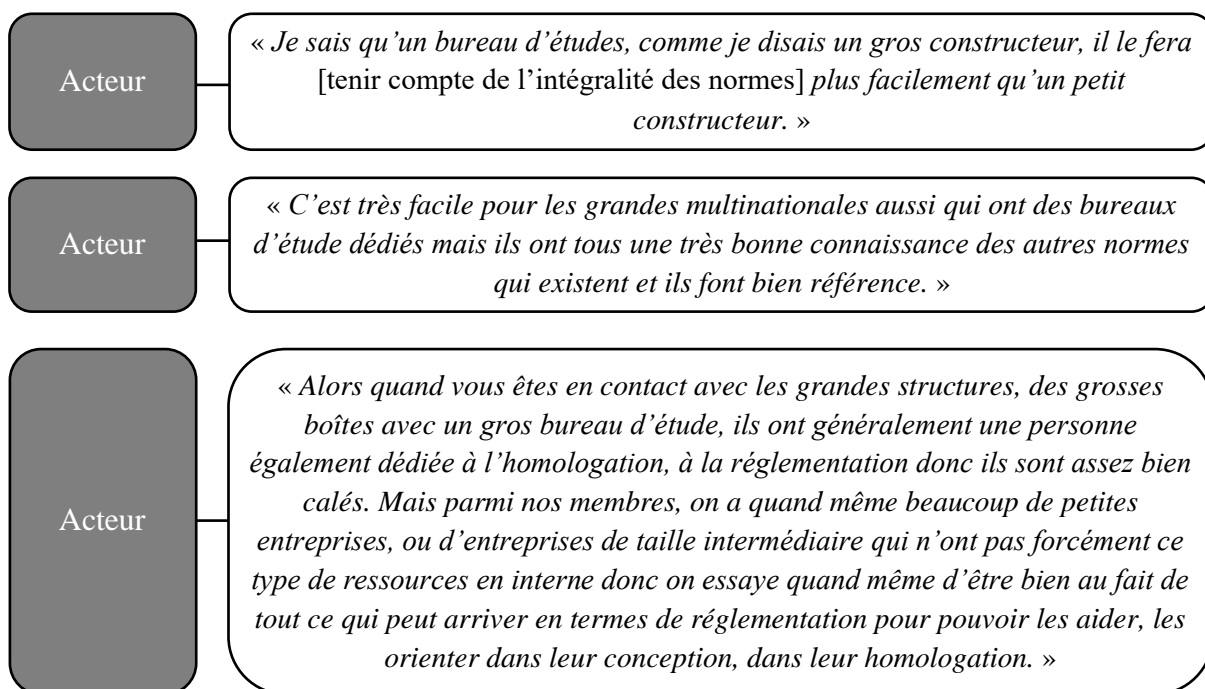
De plus, les fabricants sont souvent amenés à utiliser des normes d'essai afin de vérifier l'application des spécifications techniques. Ces normes d'essai – principalement élaborées au niveau international par l'ISO et de ce fait non harmonisées – s'avèrent indispensables pour les concepteurs en dépit de leur caractère facultatif. Ainsi, même si la norme harmonisée définit un seuil de performance, c'est au sein d'une norme ISO que les fabricants vont trouver les moyens d'y parvenir.



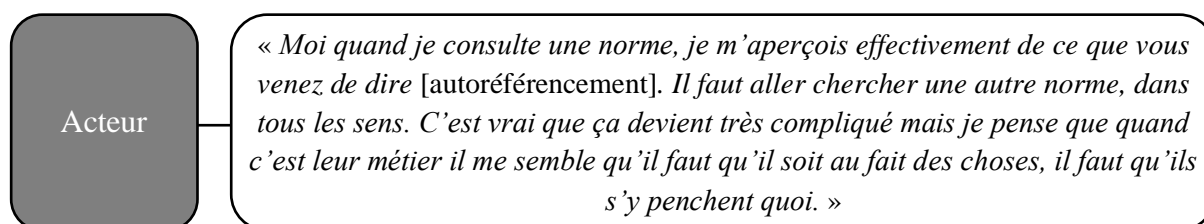
En somme, les normes techniques utilisées par les fabricants pour la conception des pulvérisateurs vont au-delà des cinq normes principales susmentionnées. En matière d'identification, la diversité des normes techniques et leur hétérogénéité liée au phénomène d'autoréférencement complexifient l'activité des concepteurs.

### 11.3.2.3. Des niveaux de difficultés différents selon les constructeurs

Les difficultés liées à l'identification des normes techniques applicables pour la conception des pulvérisateurs semblent plus importantes pour les petits constructeurs. En effet, ce constat est posé par différents acteurs en charge de l'élaboration des normes techniques.



Malgré les difficultés associées à la diversité et à l'hétérogénéité des normes techniques, il est indispensable pour les petits et gros constructeurs de rester informés des évolutions liées aux exigences réglementaires.



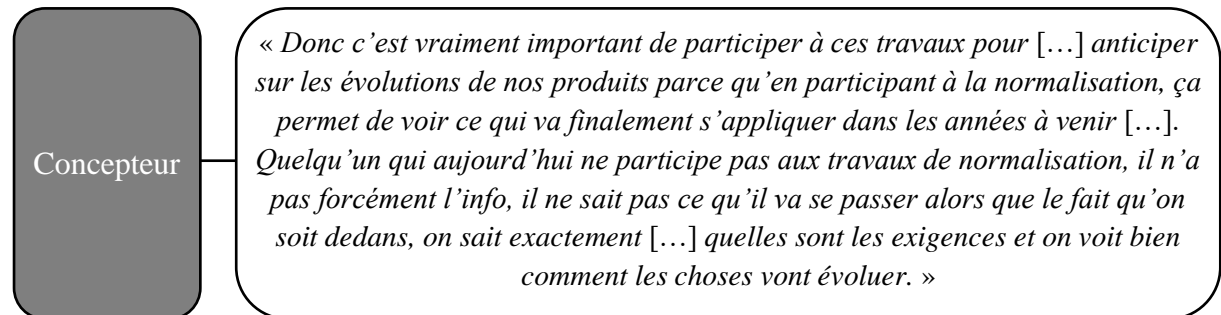
#### 11.3.2.4. L'importance de la veille réglementaire

Il est essentiel pour les fabricants de réaliser une veille réglementaire. Cette veille doit leur permettre de se tenir à jour des normes harmonisées applicables à la conception des pulvérisateurs. De leur validité dépend en effet la présomption de conformité.

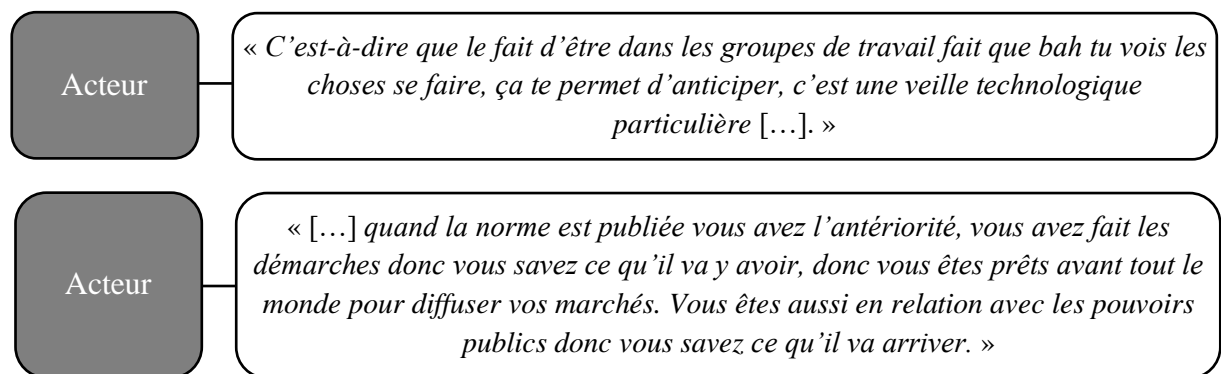
« AVERTISSEMENT 1 : La présomption de conformité demeure valable tant que la référence de la présente Norme européenne figure dans la liste publiée au Journal officiel de l'Union européenne. Il est recommandé aux utilisateurs de la présente norme de consulter régulièrement la dernière liste publiée au Journal officiel de l'Union européenne. »<sup>154</sup>

<sup>154</sup> Ann. ZA de la norme EN ISO 4254-6.

Chez le fabricant A, cette veille réglementaire est principalement assurée par deux personnes qui participent activement à l'élaboration des normes techniques. Cette participation présente un intérêt particulier pour faciliter la veille réglementaire. En effet, cela permet aux fabricants d'être informés en amont des exigences réglementaires à venir.



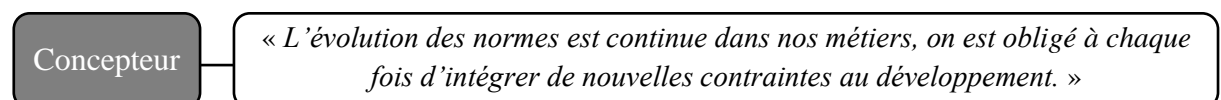
Cet avantage d'anticipation pour les concepteurs est confirmé par les acteurs en charge de l'élaboration des normes techniques.



### 11.3.3. L'application des exigences réglementaires

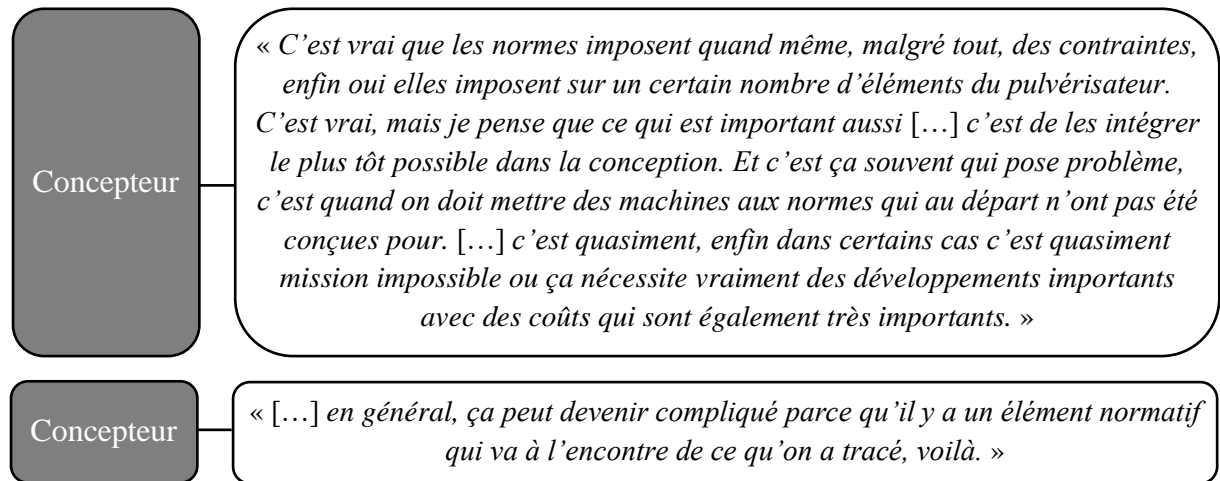
#### 11.3.3.1. Des contraintes liées à l'évolution des exigences réglementaires

Au cours du processus de conception, les fabricants peuvent rencontrer des difficultés à appliquer les exigences réglementaires en raison de leurs évolutions.

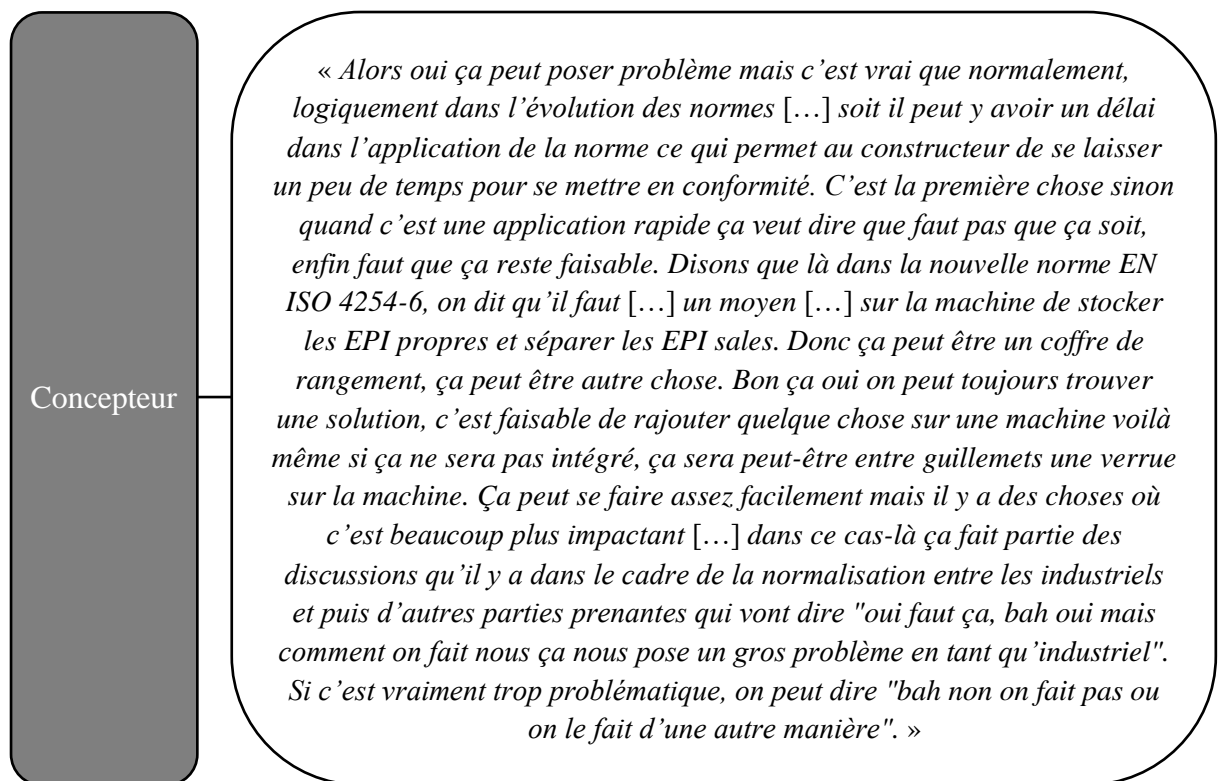


En effet, ces évolutions impliquent de réaliser des modifications dans la conception qui entraînent de nouveaux développements plus ou moins importants. Ces développements pourront venir contrarier les critères déjà mentionnés précédemment – à savoir les délais, les coûts et la technique. Par exemple, il est possible que les solutions techniques nécessaires à la mise en conformité soient très onéreuses.





En raison de cela, il est important pour les fabricants de faire preuve d'anticipation, ce qui confirme l'intérêt de la veille réglementaire. Toutefois, il arrive que les concepteurs soient en mesure de refuser les modifications à apporter pour être en conformité compte tenu des contraintes importantes que cela engendre en matière de développement.



Les nouvelles spécifications techniques nécessitant des modifications importantes vont faire l'objet de compromis. Ces compromis concernent la conception de la machine, mais également le contenu même de la norme en raison de l'influence des industriels dans les commissions de normalisation. De ce fait, la participation des fabricants à l'élaboration des normes techniques permet – au-delà de favoriser la veille réglementaire – de faire valoir leurs propres intérêts.

### 11.3.3.2. Des contraintes liées au contenu et à la diversité des normes techniques à prendre en compte

Le contenu et l'hétérogénéité des normes techniques sont également des sources de difficultés lors du processus de conception. En matière de contenu, les spécifications techniques manquent de vulgarisation et de facilité de lecture, ce qui constitue un obstacle à leur application.

Concepteur « *Mais moi comme avec mes équipes, on n'est pas des littéraires. Si faut commencer à aller lire entre les lignes et tout.* »

Concepteur « *C'est des littératures qui ne sont pas assez vulgarisées. Déjà quand vous prenez un texte, que c'est une contrainte, que vous y allez à reculons, c'est déjà clair que ça ne va pas être bénéfique. Et ça oui, c'est le premier obstacle je pense.* »

Ces difficultés sont accentuées en raison de la diversité et de l'hétérogénéité des normes techniques. De ce fait, que ce soit pour des questions liées à leur identification ou à la compréhension de leur contenu, les concepteurs s'adressent aux deux personnes en charge de la veille réglementaire au sein de l'entreprise A.

Concepteur « *Moi, je vais la [personne en charge de l'homologation] solliciter [...] c'est vraiment la référente.* »

Concepteur « *Nous, c'est [personne en charge de l'homologation] qui est pas mal là-dessus. Moi je sais que quand j'ai une question d'un point de vue norme ou homologation, c'est plutôt vers elle que je vais me tourner, je ne vais pas m'amuser à aller chercher sur internet.* »

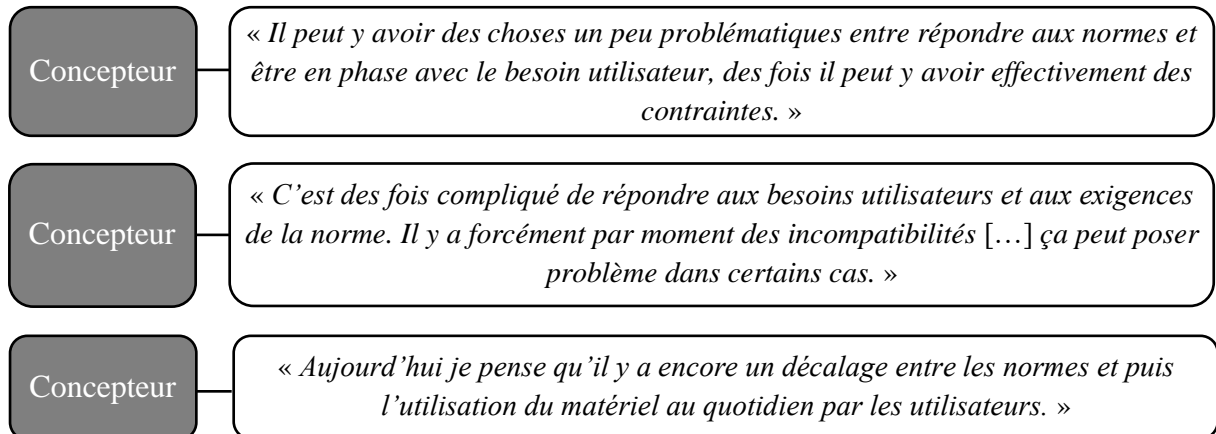
Sous l'effet de la diversité et de l'hétérogénéité des normes techniques, les spécifications dont il faut tenir compte dans la conception sont nombreuses. Cela fait émerger le « *syndrome du sapin de Noël* ». Ce phénomène se traduit par la conception d'une machine qui n'est plus sur le prix du marché en raison du nombre trop important de spécifications techniques à intégrer.

Concepteur « *1 il y en a énormément, 2 si vous commencez à prendre toutes ces contraintes-là, bah vous allez arriver à un arbre de Noël. Qui dit arbre de Noël dit que vous n'êtes plus sur le prix du marché.* »

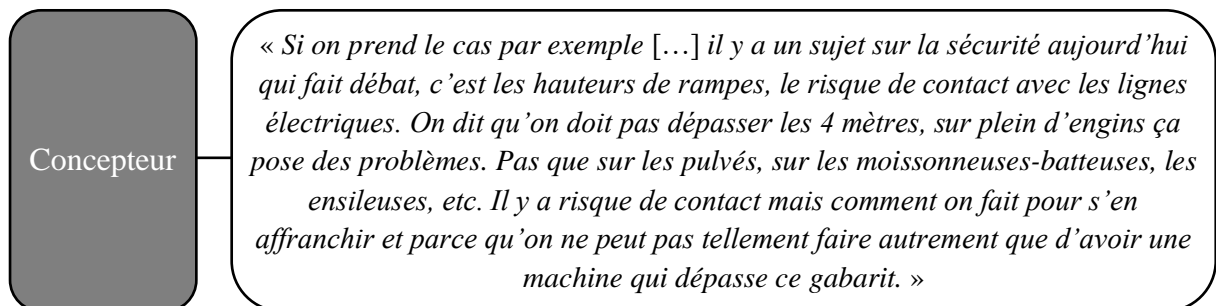
Une nouvelle fois, les difficultés liées à l'application des exigences réglementaires révèlent les compromis que doivent réaliser les fabricants pour tenir compte à la fois des enjeux liés aux délais, aux coûts et à la technique.

### 11.3.3.3. Des inadéquations avec les besoins réels des agriculteurs

L'application des exigences réglementaires laisse également apparaître des contradictions avec les besoins issus des situations réelles de travail des agriculteurs. En effet, les spécifications techniques ne permettent pas toujours de répondre à ces besoins. Cela rajoute alors des contraintes aux fabricants au cours du processus de conception et, à terme, aux agriculteurs pendant la réalisation des traitements.



Prenons l'exemple d'une exigence réglementaire liée à la hauteur des rampes pour les pulvérisateurs utilisés en grande culture. La spécification technique impose aux fabricants de ne pas dépasser une certaine hauteur afin de prévenir les risques dus aux contacts avec les lignes électriques. Néanmoins, il est difficile de respecter cette exigence pour les concepteurs en raison de l'impossibilité de réduire le gabarit des machines.



### 11.3.3.4. La réglementation comme moyen de se protéger

Même si les normes techniques harmonisées présentent un avantage dans le cadre de la « nouvelle approche », leurs évolutions, la complexité liée à leur contenu et leur hétérogénéité sont sources de difficultés pour les concepteurs. De ce fait, ils ont plutôt tendance à envisager la réglementation comme un moyen de se protéger que comme une ressource. Ils appliquent les

spécifications techniques permettant de répondre aux objectifs de la [directive 2006/42/CE](#) de façon à être protégés en cas de problème.

Concepteur

« Bien sûr quelque part je dirais on se doit d'appliquer ce qui est légalement obligatoire. Ça c'est impératif parce que malheureusement s'il arrive un pépin. »

En raison des incertitudes liées à l'identification des normes harmonisées applicables pour la conception des pulvérisateurs, les fabricants ont aussi tendance à faire le minimum quant à l'application des exigences réglementaires.

Concepteur

« On va se caler à ce que nous demande aujourd'hui la réglementation du travail pour se dire, voilà une plateforme, c'est telle dimension, telle hauteur, ok, on est conforme, on a fait ce qu'il fallait. Pour monter, il faut un garde-corps. Voilà, ce genre de choses qu'on va faire mais voilà [...] inconsciemment on fait le minimum. »

Si les fabricants ont la possibilité de « faire le minimum », cela soulève deux questions principales. Est-ce que les activités de conception relèvent de manquements à l'égard des exigences réglementaires imposées ? Est-ce que les exigences réglementaires sont suffisamment contraignantes ?

#### 11.3.4. Les manquements des concepteurs aux exigences réglementaires pour la prise en compte des risques

##### 11.3.4.1. Les exigences essentielles de la directive machines

En ce qui concerne l'évaluation et la réduction des risques, la [directive 2006/42/CE](#) définit les objectifs suivants.

« Le fabricant d'une machine ou son mandataire doit veiller à ce qu'une évaluation des risques soit effectuée afin de déterminer les exigences de santé et de sécurité qui s'appliquent à la machine. La machine doit ensuite être conçue et construite en prenant en compte les résultats de l'évaluation des risques.

Par le processus itératif d'évaluation et de réduction des risques visé ci-dessus, le fabricant ou son mandataire :

- détermine les limites de la machine, comprenant son usage normal et tout mauvais usage raisonnablement prévisible,
- recense les dangers pouvant découler de la machine et les situations dangereuses associées,
- estime les risques, compte tenu de la gravité d'une éventuelle blessure ou atteinte à la santé et de leur probabilité,
- évalue les risques, en vue de déterminer si une réduction des risques est nécessaire, conformément à l'objectif de la présente directive,

- élimine les dangers ou réduit les risques associés à ces dangers en appliquant des mesures de protection, selon l'ordre de priorité établi au point 1.1.2 b). »<sup>155</sup>

Compte tenu de ces objectifs, la directive énonce ensuite différents principes d'intégration de la sécurité pour la conception.

« a) La machine doit être conçue et construite pour être apte à assurer sa fonction et pour qu'on puisse la faire fonctionner, la régler et l'entretenir sans exposer quiconque à un risque lorsque ces opérations sont effectuées dans les conditions prévues par le fabricant, mais en tenant également compte de tout mauvais usage raisonnablement prévisible. [...]

b) En choisissant les solutions les plus adéquates, le fabricant ou son mandataire doit appliquer les principes suivants, dans l'ordre indiqué :

- éliminer ou réduire le risque dans toute la mesure du possible (intégration de la sécurité à la conception et à la construction de la machine),
- prendre les mesures de protection nécessaires vis-à-vis des risques ne pouvant être éliminés,
- informer les utilisateurs des risques résiduels dus à l'efficacité incomplète des mesures de protection adoptées, indiquer si une formation particulière est requise et signaler s'il est nécessaire de prévoir un équipement de protection individuelle.

c) Lors de la conception et de la construction de la machine et lors de la rédaction de la notice d'instructions, le fabricant ou son mandataire doit envisager non seulement l'usage normal de la machine mais également tout mauvais usage raisonnablement prévisible.

d) La machine doit être conçue et construite pour tenir compte des contraintes imposées à l'opérateur par l'utilisation nécessaire ou prévisible d'un équipement de protection individuelle.

e) La machine doit être livrée avec tous les équipements et accessoires spéciaux essentiels pour qu'elle puisse être réglée, entretenue et utilisée en toute sécurité. »<sup>156</sup>

Même si la directive machines ne fait aucune référence à la [directive 89/391/CE](#)<sup>157</sup>, ces principes d'intégration de la sécurité se rapprochent des principes de prévention énoncés au sein de cette dernière. En effet, il est attendu des fabricants de réaliser une évaluation des risques et d'éliminer ou de réduire le risque dès la conception de la machine avant de s'inscrire dans une logique de protection et d'information vis-à-vis des utilisateurs. Pour rappel, les concepteurs ne font pas d'évaluation des risques liés à l'utilisation des machines.

Concepteur

« On n'applique aucune méthode sur l'analyse des risques clairement. »

Néanmoins, le respect des spécifications techniques des normes harmonisées offre une présomption de conformité à la directive.

<sup>155</sup> Ann. I, « Principes généraux », paragr. 1. de la directive 2006/42/CE.

<sup>156</sup> Ann. I, part. 1.1.2. de la directive 2006/42/CE.

<sup>157</sup> Directive du Conseil du 12 juin 1989 concernant la mise en œuvre de mesures visant à promouvoir l'amélioration de la sécurité et de la santé des travailleurs au travail.

#### 11.3.4.2. Les spécifications des normes EN ISO 4254-1 et EN ISO 4254-6

En matière de sécurité pour la conception des pulvérisateurs, les fabricants ont recours aux normes [EN ISO 4254-1](#) et [EN ISO 4254-6](#) afin de respecter les exigences essentielles de la directive machines. La norme [EN ISO 4254-1](#) propose des exigences générales et/ou des mesures de sécurité applicables à toutes les machines, puis des exigences spécifiques aux machines automotrices à conducteur porté et aux machines portées, semi-portées et traînées. La norme [EN ISO 4254-6](#) offre quant à elle des exigences spécifiques pour la conception des pulvérisateurs. Le détail de ces exigences est présenté en annexe (cf. Annexe M, pp. 396-397).

Au regard des difficultés rencontrées par les agriculteurs à l'utilisation de leur pulvérisateur et des situations d'exposition aux pesticides qui en découlent, il convient de donner quelques exemples de spécifications qui répondent à ces situations problématiques.

Lors de l'application des produits, les agriculteurs ont besoin de vérifier le fonctionnement de la pulvérisation. Pour les pulvérisateurs traînés, cela demande au viticulteur de se retourner régulièrement à l'intérieur de la cabine (cf. Figure 90). Pour les pulvérisateurs portés, cela demande au tractoriste de sortir de la cabine et de monter sur la cuve avec la pulvérisation ouverte (cf. Figure 91).



Figure 90 – Contrôle de la pulvérisation en cabine

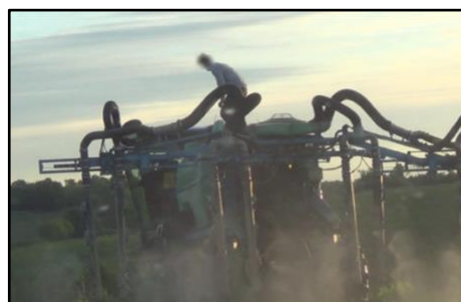


Figure 91 – Contrôle de la pulvérisation à l'extérieur

Pour cette situation, la norme [EN ISO 4254-6](#) ne prévoit pas de spécifications techniques, contrairement à la norme [EN ISO 4254-1](#) qui prévoit une spécification relative à la visibilité depuis le poste de l'opérateur.

« 5.1.7.1 la conception et la position du poste de l'opérateur doivent assurer à l'opérateur une visibilité directe ou indirecte adaptée pour actionner la machine et voir la zone de travail de la machine. »<sup>158</sup>

<sup>158</sup> Part. 5.1.7. de la norme EN ISO 4254-1.

Arrivé en fin de cuve lors de l'application des produits, l'agriculteur est amené à descendre de la cabine pour arrêter le brassage à l'aide d'une vanne afin d'éviter la formation de mousse causée par l'agitation (cf. Figure 92).



Figure 92 – Arrêt de la vanne de brassage (2)

Pour cette situation, la norme [EN ISO 4254-1](#) prévoit la spécification technique suivante.

« 4.5.6. Les commandes doivent être situées en dehors des zones dangereuses. Cette exigence est également applicable aux composants de la machine (par exemple les vannes hydrauliques) devant être actionnés manuellement ou commandés en cas de défaillance du système de commande principal. »<sup>159</sup>

Pour la maintenance et l'entretien, les agriculteurs sont amenés à réaliser des opérations comme le graissage de la machine (cf. Figure 93) ou la réparation de certaines pièces du pulvérisateur (cf. Figure 94).



Figure 93 – Graissage du pulvérisateur (2)



Figure 94 – Intervention sur le matériel pour retirer le capteur GPS (2)

Pour ces situations, la norme [EN ISO 4254-1](#) prévoit les spécifications techniques suivantes.

« 4.17.1. Les opérations d'entretien doivent pouvoir être réalisées de manière sûre, par exemple lorsque la source de puissance est arrêtée.

4.17.2. Les composants nécessitant une maintenance fréquente doivent être accessibles par des moyens conformes à 4.8<sup>160</sup>. »<sup>161</sup>

<sup>159</sup> Part. 4.5.6., Commandes de la norme EN ISO 4254-1.

<sup>160</sup> Cette partie propose des spécifications techniques sur les moyens d'accès pour les autres emplacements que le poste de l'opérateur.

<sup>161</sup> Part. 4.17. de la norme EN ISO 4254-1.



La norme [EN ISO 4254-6](#) prévoit également des spécifications techniques pour l'entretien et la maintenance, mais celles-ci ne concernent que certains organes liés à la cuve du pulvérisateur (pompes, filtres et indicateurs de pression).

« *Les opérations d'entretien et de maintenance sur les pompes, les filtres et les indicateurs de pression doivent pouvoir être effectuées sans provoquer d'écoulement de liquide hors de la cuve lorsque celle-ci est remplie à son volume nominal. Cela peut être obtenu, par exemple, par un positionnement approprié des composants, une isolation au moyen d'un robinet ou l'utilisation de valves.* »<sup>162</sup>

Au moyen de ces exemples, il est intéressant de souligner que certaines spécifications techniques apportent des réponses aux situations que nous avons pu identifier lors de l'analyse des activités de traitement. Néanmoins, ces spécifications nécessitent – de la part des concepteurs - une compréhension du travail réel des agriculteurs et des situations d'exposition aux pesticides qui en découlent. En effet, les fabricants doivent savoir que les informations en cabine ne sont pas suffisantes pour vérifier le fonctionnement de la pulvérisation. Ils doivent aussi connaître les risques de contamination lorsque le viticulteur est amené à descendre de sa cabine pour tourner la vanne de brassage, etc. En raison de l'absence de techniques d'analyse des usages et de méthodes d'évaluation des risques, les fabricants ont une méconnaissance de la complexité des situations de travail. Ce phénomène leur laisse la possibilité de croire que les exigences réglementaires sont respectées. Toutefois, pour les phénomènes dangereux autres que ceux traités dans les normes [EN ISO 4254-1](#) et [EN ISO 4254-6](#), il est rappelé aux fabricants la nécessité de réaliser une évaluation des risques.

« [...] *les machines doivent être conçues selon les principes de l'ISO 12100:2010, pour les phénomènes dangereux pertinents, mais non significatifs qui ne sont pas traités dans le présent document.*

*Les phénomènes dangereux couverts par la présente partie de l'ISO 4254 ne sont pas nécessairement tous présents sur une machine spécifique. Il convient que le fabricant effectue une évaluation du risque pour déterminer les phénomènes dangereux qui sont applicables et tout phénomène dangereux en supplément de ceux traités par la présente partie de norme ou par une partie spécifique applicable. Le fabricant est responsable des spécifications et de la fourniture des mesures de protection en rapport avec ces phénomènes dangereux supplémentaires.* »<sup>163</sup>

Même si les spécifications des normes [EN ISO 4254-1](#) et [EN ISO 4254-6](#) – de type C – prévalent sur les spécifications des normes de type A et B, il convient de rappeler que :

<sup>162</sup> Part. 4.14. de la norme EN ISO 4254-6.

<sup>163</sup> Part. 4.1.1. de la norme EN ISO 4254-1.



« Les normes de type C peuvent faire référence aux normes de type A ou B en précisant les spécifications de la norme de type A ou de type B qui sont applicables à la catégorie de machines concernées. »

Il convient donc de s'intéresser au contenu de la norme [EN ISO 12100](#) – de type A – relative à l'appréciation et à la réduction du risque pour la sécurité des machines.

#### 11.3.4.3. Les spécifications de la norme EN ISO 12100

Au même titre que la [directive 2006/42/CE](#), cette norme propose des méthodes d'évaluation et de réduction des risques qui visent à intégrer la sécurité dès la conception, avant de prévoir des mesures de protection ou d'information.

« Les mesures qui peuvent être intégrées au stade de la conception sont préférables à celles qui sont appliquées par l'utilisateur et elles se révèlent généralement plus efficaces. »<sup>164</sup>

Les stratégies d'appréciation et de réduction du risque se réfèrent à un processus comprenant une méthode itérative en trois étapes – représenté en annexe (*cf.* Annexe N, p. 398). Une fois l'appréciation et l'évaluation du risque réalisées, la norme [EN ISO 12100](#) prévoit une première étape de réduction du risque par la mise en place de mesures de prévention intrinsèque. Si le risque ne peut être réduit par ces mesures, alors le risque doit être réduit par des mesures de protection puis d'information. Toutefois, cela demande aux fabricants de mettre en place des démarches d'analyse, d'évaluation et de réduction des risques.

Nonobstant l'existence de ces méthodes, les fabricants ne se réfèrent qu'aux normes [EN ISO 4254-1](#) et [EN ISO 4254-6](#) pour intégrer des critères de sécurité dans la conception des pulvérisateurs sans mettre en place de méthode d'évaluation et de réduction des risques. Néanmoins, avant de parler de manquements de la part des concepteurs aux exigences réglementaires, il convient de s'intéresser à leur contenu et à leur dimension contraignante.

### 11.3.5. Des manquements peu répréhensibles

#### 11.3.5.1. Des formulations empreintes d'approximations

Afin de mieux comprendre les manquements des concepteurs aux exigences réglementaires, il convient de porter l'attention sur le contenu des normes juridiques et techniques. À ce niveau,

---

<sup>164</sup> Part. 4 de la norme EN ISO 12100.

il apparaît que les objectifs fixés par la [directive 2006/42/CE](#) sont empreints d'approximations et de compromis qui rendent incertaine l'application des exigences essentielles de santé et de sécurité.

« Les exigences essentielles de santé et de sécurité énoncées dans la présente annexe sont obligatoires. **Toutefois, compte tenu de l'état de la technique, les objectifs qu'elles fixent peuvent ne pas être atteints.** Dans ce cas, la machine doit, **dans la mesure du possible**, être conçue et construite pour tendre vers ces objectifs. »<sup>165</sup>

« [...] - éliminer ou réduire les risques **dans toute la mesure du possible** [...]. »<sup>166</sup>

« Si la machine est soumise à des vibrations, le siège doit être conçu et construit de manière à réduire au niveau **le plus bas raisonnablement possible** les vibrations transmises à l'opérateur. »<sup>167</sup>

Au regard de ces différentes formulations, il est probable d'envisager que ce qu'il sera « possible » de faire pour les fabricants s'évaluera principalement au regard des critères liés aux délais, aux coûts et à la technique. Cela constitue un premier niveau de réponse quant à la possibilité pour les concepteurs de croire que les exigences réglementaires sont respectées. Ces formulations empreintes d'approximations se retrouvent également au sein des normes harmonisées à l'image de la norme [EN ISO 12100](#).

« Les concepteurs doivent accorder une **attention particulière** aux aspects ergonomiques suivants de la conception des machines.

- a) **Éviter** les postures et mouvements contraignants lors de l'utilisation de la machine [...].
  - b) [...].
  - c) **Limiter autant que possible** le bruit, les vibrations, les effets thermiques (températures extrêmes, par exemple).
  - d) **Éviter** que le rythme de travail de l'opérateur soit lié à une succession automatique de cycles.
- [...]. »<sup>168</sup>

À ces formulations empreintes d'approximations, peuvent s'ajouter des subtilités du fait des verbes employés auxquels les fabricants doivent porter l'attention.

<sup>165</sup> Ann. I, « Principes généraux », paragr. 3. de la directive 2006/42/CE.

<sup>166</sup> Ann. I, part. 1.1.2., paragr. b) de la directive 2006/42/CE.

<sup>167</sup> Ann. I, part. 1.1.8. de la directive 2006/42/CE.

<sup>168</sup> Part. 6.2.8. de la norme EN ISO 12100.

« Seules les formes verbales **doit et doivent** sont utilisées pour exprimer une ou des exigences qui doivent être respectées pour se conformer au présent document. Ces exigences peuvent se trouver dans le corps de la norme ou en annexe qualifiée de "normative". Pour les méthodes d'essai, l'utilisation de l'infinifit correspond à une exigence.

Les expressions telles que, **il convient et il est recommandé** sont utilisées pour exprimer une possibilité préférée mais non exigée pour se conformer au présent document. Les formes verbales **peut et peuvent** sont utilisées pour exprimer une suggestion ou un conseil utiles mais non obligatoires, ou une autorisation. »<sup>169</sup>

De ce fait, la dimension contraignante liée à la réalisation d'une évaluation du risque n'est plus aussi évidente par l'emploi successif des formes verbales « *doivent* » et « *il convient* ».

« [...] les machines **doivent** être conçues selon les principes de l'ISO 12100:2010, pour les phénomènes dangereux pertinents, mais non significatifs qui ne sont pas traités dans le présent document.

Les phénomènes dangereux couverts par la présente partie de l'ISO 4254 ne sont pas nécessairement tous présents sur une machine spécifique. Il **convient** que le fabricant effectue une évaluation du risque pour déterminer les phénomènes dangereux qui sont applicables et tout phénomène dangereux en supplément de ceux traités par la présente partie de norme ou par une partie spécifique applicable [...]. »<sup>170</sup>

En raison de ces formulations, cela fait naître des incertitudes, du doute chez les concepteurs quant aux exigences réglementaires qu'ils doivent effectivement appliquer. Cela a alors tendance à complexifier leur activité.

Concepteur

« On peut passer une journée autour de la table à essayer de comprendre ce qu'on doit vraiment appliquer. »

#### 11.3.5.2. Le recours aux mesures de protection et d'information

Même si les normes juridiques et techniques ont pour volonté de proposer des exigences réglementaires qui intègrent de façon prioritaire des mesures de prévention dès la conception, les approximations mentionnées précédemment peuvent amener les concepteurs à privilégier des mesures de protection et d'information. En effet, si les risques n'ont pu être éliminés ou réduits « *dans toute la mesure du possible* », les fabricants doivent ensuite :

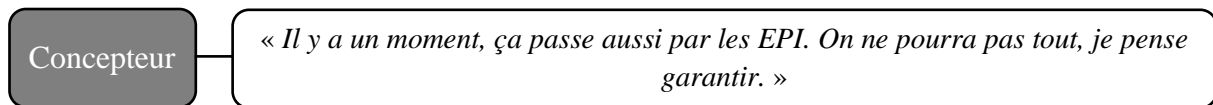
« - prendre les mesures de protection nécessaires vis-à-vis des risques ne pouvant être éliminés,  
- informer les utilisateurs des risques résiduels dus à l'efficacité incomplète des mesures de protection adoptées, indiquer si une formation particulière est requise et signaler s'il est nécessaire de prévoir un équipement de protection individuelle. »<sup>171</sup>

<sup>169</sup> Note informative intitulée « Pour comprendre les normes » présente au sein de toutes les normes harmonisées.

<sup>170</sup> Part. 4.1.1. de la norme EN ISO 4254-1.

<sup>171</sup> Ann. I, part. 1.1.2., paragr. b) de la directive 2006/42/CE.

Les concepteurs considèrent effectivement qu'ils ne peuvent pas tout garantir en conception et que le recours aux EPI est inévitable.



Au sein de la norme [EN ISO 4254-6](#), le port des EPI est admis dès les premières spécifications techniques relatives aux généralités pour la conception des pulvérisateurs.

« 4.1.3. La mise en œuvre et la manutention de la machine, y compris les opérations de remplissage et de maintenance, doivent pouvoir être effectuées par un opérateur portant des équipements de protection individuelle adéquats conformément à 6.1 g). »<sup>172</sup>

Si les mesures de prévention en conception et en protection (EPI) n'ont pu être appliquées, la dernière voie de réduction des risques consiste à informer l'utilisateur de l'existence de ces risques. Les informations pour l'utilisation de la machine sont contenues au sein de la notice d'instructions que les fabricants doivent fournir aux utilisateurs.

Le recours aux mesures de protection individuelle et d'information reporte de fait sur l'agriculteur la responsabilité finale de la problématique situationnelle.

« La fourniture d'informations adéquates pour l'utilisation fait partie de la contribution du concepteur à la réduction du risque, mais les mesures de prévention correspondantes ne prennent effet que lorsqu'elles sont appliquées par l'utilisateur. »<sup>173</sup>

En cas de problèmes, d'accidents, d'exposition aux pesticides, il sera possible de reprocher à l'agriculteur de ne pas avoir porté ses EPI ou de ne pas avoir respecté les informations présentes sur la notice d'instructions pour « l'utilisation sûre » de la machine.

### 11.3.5.3. Des normes juridiques et techniques lacunaires

Du fait des formulations employées au sein des normes juridiques et techniques et de la possibilité de recourir assez facilement aux mesures de protection et d'information, les manquements des concepteurs aux exigences réglementaires sont difficilement répréhensibles. Et ce, d'autant plus que ces exigences sont particulièrement lacunaires lorsqu'il s'agit de prendre en compte les enjeux de santé et de sécurité au stade de la conception des machines.

<sup>172</sup> Part. 4.1. de la norme EN ISO 4254-6.

<sup>173</sup> Figure 2 de la norme EN ISO 12100.

Acteur

« Sur certains points, on va dire qu'on aperçoit des vides, des manquements que ce soit au niveau de la réglementation ou des normes. »

Même si les lacunes concernent à la fois les normes juridiques et les normes techniques, il est fréquent que le contenu des normes harmonisées ne permette pas suffisamment de répondre aux objectifs de la [directive 2006/42/CE](#).

Acteur

« Et l'un des problèmes [...] c'est que dans le stock de normes harmonisées, il y en a beaucoup qui ont été harmonisées dont le contenu laisse beaucoup à désirer et faible. Donc on a eu des machines mises sur le marché sur la base de normes harmonisées lacunaires, imprécises, insuffisantes, voire non conformes à la directive. »

Acteur

« Le résultat c'est qu'on a par exemple des normes harmonisées qui pour certaines machines sont très faibles. En deçà du contenu de la directive. »

Du reste, il est prévu par la « nouvelle approche » que des normes techniques harmonisées soient lacunaires et donc à l'origine de situations à risque lors de l'utilisation des machines.

« Il est également nécessaire de prévoir un mécanisme approprié permettant l'adoption de mesures spécifiques au niveau communautaire exigeant des États membres qu'ils interdisent ou restreignent la mise sur le marché de certains types de machines présentant les mêmes risques pour la santé et la sécurité des personnes soit en raison de lacunes des normes harmonisées pertinentes, soit du fait de leurs caractéristiques techniques, ou qu'ils soumettent ces machines à des conditions spécifiques. »<sup>174</sup>

En raison de ces différents constats formulés par les acteurs en charge de l'élaboration des normes techniques, il convient de s'intéresser plus précisément au contenu des normes juridiques et techniques. Au regard des résultats obtenus dans le cadre de l'analyse des activités de traitement, les lacunes associées au contenu de ces normes concernent principalement la prise en compte du travail réel des agriculteurs et des situations d'exposition aux pesticides.

<sup>174</sup> Consid. 13 de la directive 2006/42/CE.

### 11.3.6. Des exigences réglementaires lacunaires dans la prise en compte du travail réel des agriculteurs

#### 11.3.6.1. Des exigences réglementaires dénuées de méthodologies

En ce qui concerne l'ergonomie, la [directive 2006/42/CE](#) et les normes techniques harmonisées prévoient respectivement des exigences essentielles et des spécifications techniques. Par exemple, la directive machines définit les exigences essentielles suivantes.

*« Dans les conditions prévues d'utilisation, la gêne, la fatigue et les contraintes physiques et psychiques de l'opérateur doivent être réduites au minimum compte tenu des principes ergonomiques suivants :*

- tenir compte de la variabilité des opérateurs en ce qui concerne leurs données morphologiques, leur force et leur résistance,*
- offrir assez d'espace pour les mouvements des différentes parties du corps de l'opérateur,*
- éviter un rythme de travail déterminé par la machine,*
- éviter une surveillance qui nécessite une concentration prolongée,*
- adapter l'interface homme-machine aux caractéristiques prévisibles des opérateurs. »<sup>175</sup>*

Pour répondre à ces objectifs, la norme [EN ISO 12100](#) prévoit les spécifications techniques suivantes.

*« Il faut appliquer les principes ergonomiques lors de la conception des machines afin de réduire la sollicitation et la charge physique et mentale de l'opérateur. Ces principes doivent être pris en compte dès le début de la conception, lorsqu'on répartit les fonctions entre la machine et l'opérateur (degré d'automatisation).*

*Les caractéristiques anthropométriques susceptibles d'être rencontrées dans la population d'utilisateurs prévue, les efforts et les postures, l'amplitude des mouvements, la fréquence des actions cycliques doivent être prises en compte.*

*Tous les éléments de l'interface opérateur-machine, tels que les commandes, les moyens de signalisation ou d'affichage de données, doivent être conçus de manière à être facilement compris et à permettre une interaction claire et sans équivoque entre l'opérateur et la machine.*

*Les concepteurs doivent accorder une attention particulière aux aspects ergonomiques suivants de la conception des machines :*

- a) éviter les postures et mouvements contraignants lors de l'utilisation de la machine,*
- b) concevoir les machines, et plus particulièrement les machines portatives ou mobiles, en vue de faciliter leur utilisation, compte tenu de l'effort exigé, de l'actionnement des commandes et de l'anatomie de la main, du bras et de la jambe,*
- c) limiter autant que possible le bruit, les vibrations, les effets thermiques,*
- d) éviter que le rythme de travail de l'opérateur soit lié à une succession automatique de cycles,*
- e) lorsque les caractéristiques de la machine et/ou de ses protecteurs rendent l'éclairage ambiant insuffisant, équiper la machine de moyens d'éclairage local pour les zones de travail,*

<sup>175</sup> Ann. I, part. 1.1.6. de la directive 2006/42/CE.

*de mise au point, de réglage et de maintenance régulière. S'ils peuvent provoquer un risque, le papillotement, les causes d'éblouissement, les ombres et les effets stroboscopiques doivent être évités. Si la position de la source lumineuse nécessite des réglages, cette source doit être placée de sorte que la personne qui effectue ces réglages ne soit pas exposée à un risque.*

*f) choisir, disposer et identifier les organes de service de sorte*

- qu'ils soient clairement visibles et identifiables et, si nécessaire marqués de manière appropriée,*
- qu'ils soient manœuvrables sans risque, sans hésitation, ni perte de temps et sans équivoque,*
- que leur disposition (pour les boutons-poussoirs) et leur mouvement (pour les leviers et les volants) soient cohérents avec leur effet,*
- que leur manœuvre ne puisse pas engendrer de risque supplémentaire.*

*[...]*

*Les commandes doivent être conçues et réalisées de sorte que leur disposition, leur course et l'effort nécessaire pour les actionner soient compatibles avec l'action commande, compte tenu des principes ergonomiques. Les contraintes dues à l'utilisation nécessaire ou prévisible d'équipements de protection individuelle doivent être prises en considération. »<sup>176</sup>*

Pour les normes [EN ISO 4254-1](#) et [EN ISO 4254-6](#), il n'existe pas de parties spécifiquement dédiées à l'ergonomie. Toutefois, l'annexe ZA permet d'identifier les spécifications techniques relatives aux objectifs de la [directive 2006/42/CE](#) en matière d'ergonomie. Par exemple, pour la norme [EN ISO 4254-6](#), il s'agit des parties relatives aux « généralités »<sup>177</sup>, au « réglage de la hauteur de la rampe de pulvérisation »<sup>178</sup> et à « l'attelage et zone de dégagement »<sup>179</sup>.

À l'instar des spécifications techniques déjà mentionnées précédemment, cela nécessite, de la part des fabricants, une compréhension du travail réel des agriculteurs. Par exemple, pour « réduire la sollicitation et la charge physique et mentale de l'opérateur », les concepteurs doivent avoir des connaissances sur le fonctionnement de l'Homme au travail. Pour que des éléments soient « conçus de manière à être facilement compris », cela demande aux fabricants de connaître l'activité et les besoins des utilisateurs. Ainsi, malgré la présence de principes ergonomiques pour la conception, les spécifications techniques ne proposent pas de méthodologies aux concepteurs pour viser une compréhension de l'activité, ce qui constitue un premier niveau de difficulté.

---

<sup>176</sup> Part. 6.2.8. de la norme EN ISO 12100.

<sup>177</sup> Part. 4.1. de la norme EN ISO 4254-6.

<sup>178</sup> Part. 4.4. de la norme EN ISO 4254-6.

<sup>179</sup> Part. 4.13. de la norme EN ISO 4254-6.

### 11.3.6.2. Une vision réductrice de l'Homme et de son activité de travail

Dès les premiers paragraphes des normes harmonisées [EN ISO 4254-1](#) et [EN ISO 4254-6](#), il est mentionné que tous les phénomènes dangereux sont traités au sein de ces normes dès lors que les machines sont utilisées « *normalement* » ou dans le cadre d'un « *mauvais usage raisonnablement prévisible* ».

« *Le présent document traite de tous les phénomènes dangereux, des situations et des événements dangereux significatifs, tels que listés dans l'Annexe A, applicables aux matériels agricoles lorsqu'ils sont **utilisés normalement** et dans les conditions de **mauvais usages prévisibles** par le fabricant pendant le fonctionnement normal et l'entretien.* »<sup>180</sup>

De ce fait, s'il survient d'autres phénomènes dangereux, ceux-ci sont de la responsabilité de l'utilisateur car il n'aura pas « *utilisé normalement* » la machine. Que ce soit au sein des exigences essentielles de la directive machines ou des spécifications techniques des normes harmonisées, l'emploi – à de nombreuses reprises – de la formulation « *mauvais usage raisonnablement prévisible* » constitue une vision réductrice de l'Homme et de son activité. En effet, cette formulation tend à atténuer l'intelligence des travailleurs ainsi que la complexité des situations de travail. Pour autant, un « *mauvais usage* » relève davantage de l'inventivité des utilisateurs pour assurer un équilibre entre différents objectifs face à une variabilité. Toutefois, les exemples donnés au sein de la norme [EN ISO 12100](#) accentuent cette vision réductrice.

« - la **perte de contrôle** de la machine par l'opérateur,  
- le **comportement réflexe** d'une personne en cas de dysfonctionnement, d'incident ou de défaillance en cours d'utilisation de la machine,  
- un comportement résultant d'un **défaut de concentration** ou d'une **négligence**,  
- un comportement résultant de l'application de la « **loi du moindre effort** » au cours de l'accomplissement de la tâche,  
- un comportement résultant d'une incitation à **maintenir la machine en marche à tout prix**,  
- le comportement de **certaines personnes** (par exemple les enfants, les personnes handicapées). »<sup>181</sup>

Il est ainsi mentionné que l'apparition de phénomènes dangereux pourrait résulter de ces différents comportements qualifiés de « *mauvais* ». À ce niveau, la responsabilité est une nouvelle fois transférée sur l'utilisateur – dénué d'intelligence et de complexité. De plus, la mention du « *comportement de certaines personnes* » ne permet pas de tenir compte de la variabilité interindividuelle et en ce sens de la multiplicité des contextes d'utilisation qui en

<sup>180</sup> Part. 1. de la norme EN ISO 4254-1.

<sup>181</sup> Part. 5.4., paragr. c) de la norme EN ISO 12100.



découle. Même si la notion de variabilité interindividuelle est soulignée au sein de la [directive 2006/42/CE](#), celle-ci ne concerne que la dimension biologique.

« Tenir compte de la variabilité des opérateurs en ce qui concerne leurs données morphologiques, leur force et leur résistance. »<sup>182</sup>

Cela nous amène également à souligner que les utilisateurs sont davantage envisagés au travers de leur dimension biologique et cognitive.

« Il faut appliquer les principes ergonomiques lors de la conception des machines afin de réduire la sollicitation et la **charge physique et mentale** de l'opérateur. [...]. Les caractéristiques anthropométriques susceptibles d'être rencontrées dans la population d'utilisateurs prévue, les efforts et les postures, l'amplitude des mouvements, la fréquence des actions cycliques doivent être prises en compte. »<sup>183</sup>

« Dans les conditions prévues d'utilisation, la gêne, la fatigue et les **contraintes physiques et psychiques** de l'opérateur doivent être réduites au minimum compte tenu des principes ergonomiques suivants :

- Tenir compte de la variabilité des opérateurs en ce qui concerne leurs données morphologiques, leur force et leur résistance,
- Offrir assez d'espace pour les mouvements des différentes parties du corps de l'opérateur,
- Éviter un rythme de travail déterminé par la machine,
- Éviter une surveillance qui nécessite une concentration prolongée,
- Adapter l'interface homme-machine aux caractéristiques prévisibles des opérateurs. »<sup>184</sup>

La place donnée à la dimension biologique se confirme dans le contenu de la norme [EN ISO 4254-6](#). En effet, le respect des principes ergonomiques de la directive machines relèvent de spécifications techniques qui concernent le « réglage de la hauteur de la rampe de pulvérisation » et l'« attelage et zone de dégagement ».

« Le réglage manuel de la hauteur de la rampe ne doit pas nécessiter un effort supérieur à 250 N. »<sup>185</sup>

Au-delà de la vision réductrice de l'Homme au travail, c'est aussi les situations qui sont dénuées de complexité. En effet, l'emploi de la formulation « conditions normales de travail » ne permet pas de tenir compte de la singularité des situations où les conditions ne peuvent pas être standardisées.

---

<sup>182</sup> Ann. I, part. 1.1.6. de la directive 2006/42/CE.

<sup>183</sup> Part. 6.2.8. de la norme EN ISO 12100.

<sup>184</sup> Ann. I, part. 1.1.6. de la directive 2006/42/CE.

<sup>185</sup> Part. 4.4.1. de la norme EN ISO 4254-6.

« 4.7.1.2.1. Chaque marche doit avoir une surface antidérapante, comporter une butée latérale de chaque côté et être conçue de manière à réduire au minimum l'accumulation de boue et/ou de neige dans les **conditions normales de travail**. »<sup>186</sup>

### 11.3.6.3. Des usages prescrits par la réglementation et les fabricants

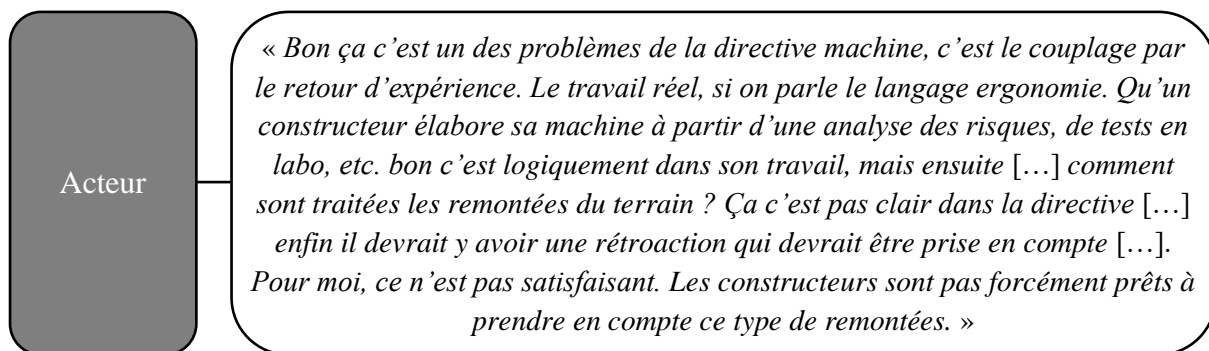
Les lacunes liées à la prise en compte du travail réel des agriculteurs se révèlent aussi en raison du fait que ce sont les spécifications techniques et les activités de conception qui prescrivent les usages qui seront faits de la machine.

« En outre, elle [la norme] **spécifie** le type d'informations sur **les pratiques d'utilisation sûre**, y compris les informations relatives aux risques résiduels que le fabricant doit donner. »<sup>187</sup>

« Dans les conditions prévues d'utilisation [...]. »<sup>188</sup>

« [...] dans les conditions prévisibles par le fabricant [...]. »<sup>189</sup>

Il est alors laissé aux fabricants et aux acteurs en charge de l'élaboration des normes techniques de prescrire les usages souhaités de la machine. Néanmoins, en l'absence de techniques d'analyse des usages auprès des agriculteurs, il est probable que ces usages souhaités s'écartent des usages réels en raison de la méconnaissance de la complexité et de la singularité des situations de travail. Il apparaît alors que la place donnée aux usages réels n'est pas suffisante pour tenir compte du travail réel des agriculteurs dans l'élaboration des exigences réglementaires.



Les lacunes dans la prise en compte du travail réel des agriculteurs s'accroissent lorsque nous nous intéressons plus spécifiquement à la prise en compte des situations d'exposition aux pesticides.

<sup>186</sup> Part. 4.7.1.2. de la norme EN ISO 4254-1.

<sup>187</sup> Part. 1. des normes EN ISO 4254-1 et EN ISO 4254-6.

<sup>188</sup> Ann. I, part. 1.1.6. de la directive 2006/42/CE.

<sup>189</sup> Part. 1. de la norme EN ISO 4254-6.

### 11.3.7. Des exigences réglementaires lacunaires dans la prise en compte des situations d'exposition aux pesticides

#### 11.3.7.1. Les exigences essentielles de la « directive machines »

En ce qui concerne les risques de contamination liés à l'exposition à des substances dangereuses, la [directive 2006/42/CE](#) fixe les objectifs suivants.

« La machine doit être conçue et construite de manière à éviter les risques d'inhalation, d'ingestion, de contact avec la peau, les yeux et les muqueuses, et de pénétration percutanée de matières et de substances dangereuses qu'elle produit.

Lorsque le risque ne peut être éliminé, la machine doit être équipée de manière à ce que les matières et substances dangereuses puissent être confinées, évacuées, précipitées par pulvérisation d'eau, filtrées ou traitées par toute autre méthode pareillement efficace.

Lorsque le processus n'est pas totalement confiné lors du fonctionnement normal de la machine, les dispositifs de confinement et/ou d'évacuation doivent être placés de manière à produire le maximum d'effet. »<sup>190</sup>

Néanmoins, les pulvérisateurs se voient écartés de la mise en œuvre de ces exigences. En effet, les exigences complémentaires concernant les dangers dus à la mobilité des machines – comme c'est le cas pour les pulvérisateurs – mentionnent les objectifs suivants.

« La section 1.5.13., deuxième et troisième paragraphes, ne s'applique pas lorsque la machine a pour fonction principale de pulvériser des produits. Cependant, l'opérateur doit être protégé contre le risque d'exposition à de telles émissions dangereuses. »<sup>191</sup>

Cette réduction vis-à-vis des exigences liées à l'exposition à des substances dangereuses dans le cadre de l'utilisation des pulvérisateurs fait naître des interrogations en raison des risques de fait plus importants dans le cadre de l'utilisation de ce type de machine.

#### 11.3.7.2. Le pulvérisateur comme machine ne présentant pas un potentiel important de risques à l'utilisation

Nonobstant les nombreuses difficultés liées à l'utilisation des pulvérisateurs et les situations d'exposition aux pesticides qui en découlent, les pulvérisateurs ne sont pas considérés comme des machines dangereuses en raison qu'ils ne présentent pas – selon la directive machines – un potentiel plus important de risques. De ce fait, il est laissé aux fabricants l'entière responsabilité

<sup>190</sup> Ann. I, part. 1.5.13. de la directive 2006/42/CE.

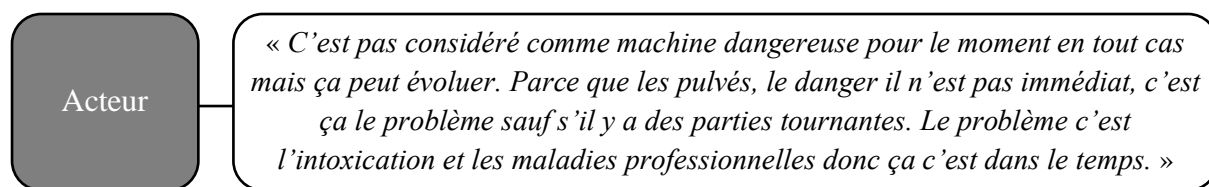
<sup>191</sup> Ann. I, part. 3.5.3. de la directive 2006/42/CE.

d'attester la conformité de leurs machines par un seul contrôle interne (cf. Figure 11, p. 77). C'est le principe d'autocertification.

Toutefois, le pulvérisateur pourrait être considéré en tant que telle comme une « zone dangereuse » au regard de la définition qui en est donnée par la [directive 2006/42/CE](#).

« Toute zone à l'intérieur et/ou autour d'une machine dans laquelle une personne est soumise à un risque pour sa sécurité ou pour sa santé. »<sup>192</sup>

En effet, les situations d'exposition aux pesticides directe et/ou indirecte sont nombreuses lors de la réalisation des traitements, ce qui constitue de fréquents risques de contamination. À ce niveau, la directive machines prévoit que l'estimation des risques doit tenir compte « de la gravité d'une éventuelle blessure ou atteinte à la santé »<sup>193</sup>. Néanmoins, les effets liés aux pesticides peuvent être différés, ce qui complexifie la preuve des atteintes à la santé liées à l'utilisation des pulvérisateurs.



### 11.3.7.3. Les exigences essentielles de la directive 2009/127/CE

En 2009, la [directive 2009/127/CE](#) spécifiquement dédiée aux machines destinées à l'application des pesticides, et modifiant la [directive 2006/42/CE](#), a vu le jour. Cette révision vise à fournir de nouvelles exigences essentielles pour la conception des pulvérisateurs afin de réduire les effets des pesticides sur la santé et l'environnement.

« La conception, la construction et l'entretien des machines destinées à l'application des pesticides jouent un rôle significatif lorsqu'il s'agit de réduire les effets néfastes des pesticides sur la santé humaine et l'environnement. »<sup>194</sup>

Malgré une reconnaissance de la menace que constitue l'utilisation des pesticides sur la santé humaine et l'environnement, les nouvelles exigences essentielles applicables à la conception et à la construction des pulvérisateurs ne concernent que l'environnement.

<sup>192</sup> Ann. I, part. 1.1.7. de la directive 2006/42/CE.

<sup>193</sup> Ann. I, « Principes généraux », paragr. 1. de la directive 2006/42/CE.

<sup>194</sup> Consid. 2 de la directive 2009/127/CE.

« Le fabricant de machines destinées à l'application des pesticides ou son mandataire doit s'assurer que soit effectuée une évaluation des risques d'exposition involontaire de l'environnement aux pesticides, conformément au processus d'évaluation et de réduction des risques énoncés dans les principes généraux, point 1.

Les machines destinées à l'application des pesticides doivent être conçues et construites en prenant en compte les résultats de l'évaluation des risques visée au premier alinéa de manière à pouvoir être utilisées, réglées et entretenues sans exposition involontaire de l'environnement aux pesticides. »<sup>195</sup>

En effet, il ressort de cette révision que la [directive 2006/42/CE](#) est jugée suffisante en matière d'exigences essentielles de santé et de sécurité pour la conception des pulvérisateurs.

« Les exigences de protection de la santé et de la sécurité des personnes et, le cas échéant, des animaux domestiques et des biens sont d'ores et déjà prévues par la directive 2006/42/CE du Parlement européen et du Conseil du 17 mai 2006 relative aux machines. Il convient donc d'inclure dans la directive 2006/42/CE les exigences essentielles de protection de l'environnement applicables à la conception et à la construction de machines neuves destinées à l'application des pesticides tout en s'assurant que ces exigences sont compatibles avec celles de la directive cadre concernant l'entretien et l'inspection. »<sup>196</sup>

Ce sont donc seulement des exigences environnementales qui ont été rajoutées à la directive machines.

« À cet effet, il est également nécessaire d'inclure une référence à la protection de l'environnement dans la directive 2006/42/CE, tout en limitant cet objectif à la catégorie de machines et aux risques faisant l'objet d'exigences spécifiques en matière de protection de l'environnement. »<sup>197</sup>

Concepteur

« Alors, la grosse évolution en 2009, c'est qu'on a en fait raccrocher à cette directive machine des exigences environnementales et ça concernant uniquement les matériels de pulvérisation. C'est-à-dire qu'en fait, on aurait pu dire c'est une autre directive mais [...] pour se simplifier un petit peu la tâche et il a été décidé de raccrocher finalement cette réglementation environnement à la directive machines. Alors qu'à la base la directive machines c'était vraiment sur la sécurité et que finalement il n'y a que sur les pulvérisateurs et pas sur d'autres matériels agricoles qu'on a rajouté des exigences environnementales. »

Les nouvelles exigences issues de la [directive 2009/127/CE](#) concernent, par exemple, les commandes, le remplissage, la vidange ou encore la maintenance des pulvérisateurs.

<sup>195</sup> Part. 2.4.2. de la directive 2009/127/CE.

<sup>196</sup> Consid. 4 de la directive 2009/127/CE.

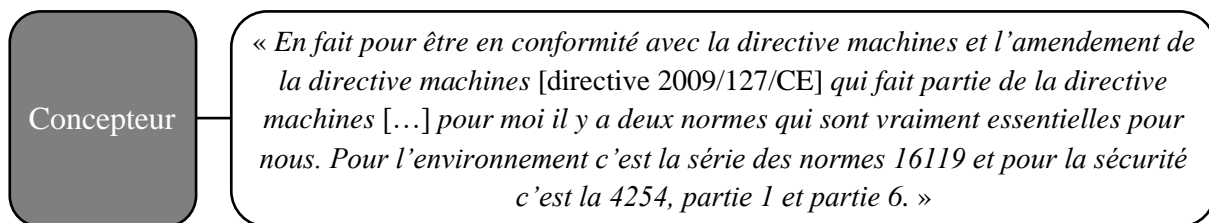
<sup>197</sup> Consid. 5 de la directive 2009/127/CE.

Néanmoins, elles ne prévoient pas expressément de protéger l'utilisateur contre les risques liés à l'utilisation des pesticides.

« Les machines doivent être conçues et construites de manière à permettre un nettoyage facile et complet sans contamination de l'environnement. »<sup>198</sup>

« Les machines doivent être conçues et construites de manière à faciliter le remplacement des pièces usées sans contamination de l'environnement. »<sup>199</sup>

Afin de respecter les objectifs fixés par la [directive 2009/127/CE](#), les concepteurs ont recours à une série de trois normes techniques harmonisées relatives aux exigences environnementales pour la conception des pulvérisateurs : les normes [EN ISO 16119-1](#), [EN ISO 16119-2](#) et [EN ISO 16119-3](#).



« En fait pour être en conformité avec la directive machines et l'amendement de la directive machines [directive 2009/127/CE] qui fait partie de la directive machines [...] pour moi il y a deux normes qui sont vraiment essentielles pour nous. Pour l'environnement c'est la série des normes 16119 et pour la sécurité c'est la 4254, partie 1 et partie 6. »

Par exemple, pour répondre aux objectifs d'entretien et de nettoyage de la [directive 2009/127/CE](#), la norme [EN ISO 16119-1](#) prévoit les spécifications techniques suivantes.

« Le pulvérisateur doit être conçu et construit pour permettre une vidange facile et complète et un nettoyage facile et minutieux sans contaminer l'environnement.

Le pulvérisateur doit être conçu et construit pour faciliter le remplacement des pièces d'usure sans contaminer l'environnement. »<sup>200</sup>

Même si la révision, en 2009, de la directive machines ne prévoit que des spécifications techniques relatives à la protection de l'environnement, elles peuvent aussi avoir des effets bénéfiques en matière de santé et de sécurité pour l'utilisateur comme le souligne un concepteur.

<sup>198</sup> Part. 2.4.6.1. de la directive 2009/127/CE.

<sup>199</sup> Part. 2.4.6.2. de la directive 2009/127/CE.

<sup>200</sup> Part. 4.8. de la norme EN ISO 16119-1.

Concepteur

« De mon point de vue, il y a bien d'un côté la directive machines qui fixe des exigences sur la sécurité et de l'autre l'amendement à la directive qui fixe des exigences sur l'environnement. Alors c'est vrai que très souvent les deux sont quand même liés. Quand on améliore, quand on limite l'impact d'une machine sur l'environnement, généralement ça a plutôt un effet bénéfique sur l'exposition pour l'agriculteur. Si on dit on réduit la dérive, bah par exemple sur des machines qui produisent moins de dérive, on aura par exemple moins de contamination, moins de risques, etc. je prends cet exemple là mais il y en a plein d'autres. Donc c'est vrai qu'indirectement il y a un effet positif quand même sur la sécurité opérateur même si ce n'est pas l'objectif premier. »

#### 11.3.7.4. Les spécifications techniques de la norme EN ISO 4254-6

Au sein de la norme [EN ISO 4254-1](#), aucune spécification technique ne fait mention des risques liés aux situations d'exposition à des substances dangereuses. La norme de référence pour la prévention de ces risques est donc la norme [EN ISO 4254-6](#).

Afin de répondre aux objectifs fixés par la directive machines, la norme [EN ISO 4254-6](#) prévoit des spécifications techniques relatives à la cuve de pulvérisation, à la protection contre les surpressions, aux flexibles véhiculant les liquides de pulvérisation et à la cuve d'eau claire<sup>201</sup>. En réalité, la prévention des situations d'exposition aux pesticides est plus particulièrement traitée au sein des spécifications techniques relatives à la cuve de pulvérisation. Ainsi, afin de limiter les contacts avec les produits chimiques, la norme [EN ISO 4254-6](#) prévoit les spécifications techniques suivantes.

« 4.5.2.3. L'orifice de remplissage de la cuve de pulvérisation doit se situer à une hauteur inférieure ou égale à 1300 mm par rapport au sol ou à la plate-forme, et la distance horizontale entre le bord de l'orifice et le bord extérieur de toute partie du pulvérisateur qui pourrait gêner l'opérateur ne doit pas être supérieure à 300 mm à la position de remplissage de l'opérateur (voir Figure 1).

4.5.2.4. Dans le cas de produits de protection des plantes liquides, le pulvérisateur doit être équipé d'un dispositif d'introduction des produits de protection des plantes qui permette de maîtriser le risque de contact et d'inhalation chimique lors de l'introduction des produits de protection des plantes et pendant le nettoyage de l'emballage des produits de protection des plantes. »<sup>202</sup>

<sup>201</sup> Part. 4.5., 4.7., 4.9. et 4.11. de la norme EN ISO 4254-6.

<sup>202</sup> Part. 4.5.2. de la norme EN ISO 4254-6.

Malgré ces spécifications liées principalement aux dimensions de la cuve et aux dispositifs d'incorporation des produits, cela ne prévient pas suffisamment les situations d'exposition aux pesticides lors de la préparation des produits. En effet, l'analyse de l'activité met en évidence que les agriculteurs portent des contenants de produits plus ou moins lourds, ce qui les amène à être en contact avec le trou d'homme et la surface de la cuve. De plus, ils sont amenés à pencher la tête au-dessus de la cuve pour vérifier l'homogénéité du mélange.

Pour la cuve de pulvérisation, il est ensuite spécifié au sein de la norme [EN ISO 4254-6](#) de limiter les fuites et les débordements.

*« Le volume global réel de la cuve de liquide de pulvérisation doit dépasser d'au moins 5% le volume nominal.*

*Le couvercle doit être :*

- *attaché à la machine, par exemple au moyen d'une chaîne ;*
- *muni d'un système de maintien en position fermée soit par une action mécanique positive, soit par des couvercles fixés par vissage ;*
- *installé de manière à empêcher toute fuite de bouillie, par exemple au moyen d'un joint d'étanchéité. »<sup>203</sup>*

Enfin, il est indiqué de protéger l'opérateur du contact avec la bouillie lors de la vidange.

*« L'opérateur doit être protégé contre tout contact avec la bouillie lors de la vidange de la cuve. Cette exigence est satisfaite si :*

- *l'orifice de vidange peut être ouvert sans outil (par exemple au moyen d'un robinet) ; et*
- *l'écoulement est dirigé à distance de l'opérateur.*

*Un dispositif de vidange doit permettre la vidange complète des résidus dans la cuve lorsque le pulvérisateur est en position horizontale.*

*Il doit être possible de collecter le liquide à la sortie sans contaminer l'opérateur ou les parties de l'équipement.*

*L'orifice de sortie de la cuve doit être protégé contre toute ouverture intempestive (voir l'ISO 16119-2 :2013, 5.1.1.3.2.). »<sup>204</sup>*

À la lecture des spécifications techniques, il apparaît que la limitation du contact avec les produits ne concerne finalement qu'un seul organe du pulvérisateur et certaines opérations, à savoir la cuve lors de l'incorporation des produits et la vidange. Cette limite s'accroît dès lors que les situations d'exposition aux pesticides sont uniquement envisagées de façon directe. En effet, ce sont aussi les contacts avec le pulvérisateur qu'il faudrait limiter compte tenu des

<sup>203</sup> Part. 4.5.3. de la norme EN ISO 4254-6.

<sup>204</sup> Part. 4.5.4. de la norme EN ISO 4254-6.



résidus de pesticides présents sur celui-ci. En matière de variabilités et aléas, ceux-ci ne visent que les fuites et les débordements au niveau de la cuve et au niveau des flexibles véhiculant les liquides de pulvérisation. Cela met en évidence une méconnaissance de la complexité des situations de travail et des situations d'exposition aux pesticides qui en découlent en raison des incidents identifiés dans le cadre de l'analyse des activités de traitement (filtres et buses bouchées, panneaux récupérateurs qui touchent le sol, décrochage des bâches, capteur GPS qui dysfonctionne, etc.). Cela souligne la faible prise en compte des étapes d'application et de nettoyage du matériel. Les spécifications liées aux opérations d'entretien et de maintenance ne concernent aussi que les organes de la cuve du pulvérisateur, à savoir les pompes, les filtres et les indicateurs de pression.

« Les opérations d'entretien et de maintenance sur les pompes, les filtres et les indicateurs de pression doivent pouvoir être effectuées sans provoquer d'écoulement de liquide hors de la cuve lorsque celle-ci est remplie à son volume nominal. Cela peut être obtenu, par exemple, par un positionnement approprié des composants, une isolation au moyen d'un robinet ou l'utilisation de valves. »<sup>205</sup>

Afin de répondre aux objectifs de la [directive 2006/42/CE](#), au-delà des spécifications que nous venons de mentionner, il est également indiqué la chose suivante.

« L'exposition de l'opérateur au liquide lors de sa pulvérisation se limite aux informations d'utilisation devant être fournies dans le manuel d'utilisation. »<sup>206</sup>

À ce niveau, il apparaît que le recours aux mesures de protection et d'information constitue une voie privilégiée quant à la prévention des situations d'exposition aux pesticides rencontrées par l'agriculteur. En effet, comme nous l'avons déjà mentionné précédemment, le port des EPI est admis dès les premières spécifications techniques relatives aux généralités pour la conception des pulvérisateurs.

« La mise en œuvre et la manutention de la machine, y compris les opérations de remplissage et de maintenance, doivent pouvoir être effectuées par un opérateur portant des équipements de protection individuelle adéquats conformément à 6.1. g). »<sup>207</sup>

Alors que les risques liés aux situations d'exposition aux pesticides ne sont traités dans la norme [EN ISO 4254-6](#) que pour certaines opérations liées à la cuve du pulvérisateur, les informations présentes au sein de la notice d'instructions doivent mentionner que ces risques concernent l'ensemble des étapes constitutives d'un traitement.

<sup>205</sup> Part. 4.14. de la norme EN ISO 4254-6.

<sup>206</sup> Ann. ZA de la norme EN ISO 4254-6.

<sup>207</sup> Part. 6.1. de la norme EN ISO 4254-6.

« g) les précautions à prendre contre tout contact avec et/ou toute inhalation de produits chimiques dangereux, lors de chacune des phases d'utilisation suivantes :

- remplissage de la cuve et ajout de produits
- pulvérisation ;
- réglages ;
- vidange et nettoyage de la cuve ;
- entretien ;

[...]. »<sup>208</sup>

De même, les risques liés par exemple au bouchage des buses ou au nettoyage n'apparaissent qu'au sein de la notice d'instructions et ne relèvent que de précautions à prendre par les agriculteurs.

« f) les procédures à suivre pour effectuer le débouchage des buses et autres pannes au champ ; »<sup>209</sup>

« l) les précautions (notamment pour limiter la propagation de la contamination) à prendre pour le nettoyage de la machine ; »<sup>210</sup>

De plus, les informations fournies dans la notice d'instructions relèvent d'une méconnaissance de la complexité des faits.

« o) en outre, l'attention doit être attirée sur les points suivants (informations complémentaires pour l'utilisateur) :

- **le fait que toute intervention de maintenance sur la machine ne doit être effectuée qu'après nettoyage de toutes les parties contaminées du pulvérisateur ; »**<sup>211</sup>

Dans les faits, cette exigence n'est pas tenable pour les agriculteurs qui doivent intervenir rapidement dès lors qu'un incident survient. D'autant plus que malgré le nettoyage des surfaces du pulvérisateur, les résidus de pesticides persistent sur le matériel, ce qui ne permet pas de prévenir suffisamment les situations d'exposition aux pesticides lors des interventions de maintenance.

Au regard des différentes limites inhérentes au contenu de la [EN ISO 4254-6](#) quant à la prise en compte des risques de contamination, il convient désormais de porter l'attention sur la protection prévue en cabine pour les agriculteurs puisqu'aucune mesure n'est prévue à cet effet au sein de cette norme.

---

<sup>208</sup> Part. 6.1. de la norme EN ISO 4254-6.

<sup>209</sup> Part. 6.1. de la norme EN ISO 4254-6.

<sup>210</sup> Part. 6.1. de la norme EN ISO 4254-6.

<sup>211</sup> Part. 6.1. de la norme EN ISO 4254-6.

### 11.3.7.5. La protection en cabine

Ce sont les normes harmonisées [EN 15695-1](#) et [EN 15695-2](#) qui prévoient des spécifications techniques pour la protection du conducteur contre les substances dangereuses lors de l'application des produits.

« La présente Norme européenne s'applique aux cabines de tracteurs agricoles et forestiers et de pulvérisateurs automoteurs. Elle vise à limiter l'exposition de l'opérateur (conducteur) aux substances dangereuses lors de l'application de produits phytosanitaires et d'engrais liquides. »<sup>212</sup>

Contrairement à la norme [EN ISO 4254-6](#), il est mentionné dès l'introduction des normes techniques [EN 15695-1](#) et [EN 15695-2](#) que l'utilisation de pesticides peut exposer l'opérateur durant les trois étapes du traitement, à savoir la préparation, l'application et le nettoyage.

*L'application de produits phytosanitaires peut exposer l'opérateur à des risques :*

- avant l'opération de pulvérisation proprement dite (par exemple, manipulation des bidons/emballages des produits phytosanitaires, remplissage du réservoir de produit pulvérisé, réglage du pulvérisateur) ;
- pendant l'opération de pulvérisation (par exemple, sur le tracteur ou le pulvérisateur automoteur équipé ou non d'une cabine, lorsque l'opérateur travaille à proximité du pulvérisateur, règle le pulvérisateur dans le champ, élimine les colmatages au niveau buses, etc.) ;
- après l'opération de pulvérisation (par exemple, lors de l'élimination des résidus, du nettoyage du pulvérisateur, d'opérations d'entretien et de maintenance). »<sup>213</sup>

En raison des risques liés à la pulvérisation des pesticides, les normes [EN 15695-1](#) et [EN 15695-2](#) prévoient des niveaux de protection des cabines selon les substances utilisées.

« 4.1. Catégorie 1  
Cabine qui ne fournit aucun niveau spécifié de protection contre les substances dangereuses.

4.2. Catégorie 2  
Cabine qui fournit une protection contre la ou les poussières.

4.3. Catégorie 3  
Cabine qui fournit une protection contre la ou les poussières et les aérosols.

4.4. Catégorie 4  
Cabine qui fournit une protection contre la ou les poussières, les aérosols et les vapeurs. »<sup>214</sup>

<sup>212</sup> Part. 1. de la norme EN ISO 15695-1.

<sup>213</sup> Introduction de la norme EN ISO 15695-1.

<sup>214</sup> Part. 4. de la norme EN ISO 15695-1.

De ce fait, les tracteurs utilisés pour tracter ou porter un appareil de pulvérisation doivent être équipés d'une cabine de catégorie 4 ainsi que les pulvérisateurs automoteurs. Toutefois, en raison de cette distinction, il convient de rappeler que la conception des cabines relève de deux réglementations. En effet, les exigences de conception des cabines diffèrent selon le type de pulvérisateurs. Pour les pulvérisateurs automoteurs, la conception des cabines relève de la [directive 2006/42/CE](#), à savoir la directive machines. Pour les pulvérisateurs traînés et tractés, la conception de la cabine du tracteur – indépendant de l'appareil de pulvérisation – est régie par le [règlement \(UE\) n°167/2013](#)<sup>215</sup>. Dans le cadre de ce règlement, la protection du conducteur contre les substances dangereuses s'avère être une exigence en matière de santé et de sécurité que les fabricants doivent veiller à respecter<sup>216</sup>. Toutefois, une difficulté apparaît puisque les tracteurs sont achetés indépendamment des appareils de pulvérisation et il est donc plus délicat d'assurer le respect de cette exigence autant du point de vue des concepteurs que des agriculteurs. Il existe aujourd'hui un manque de communication à ce sujet.

Acteur

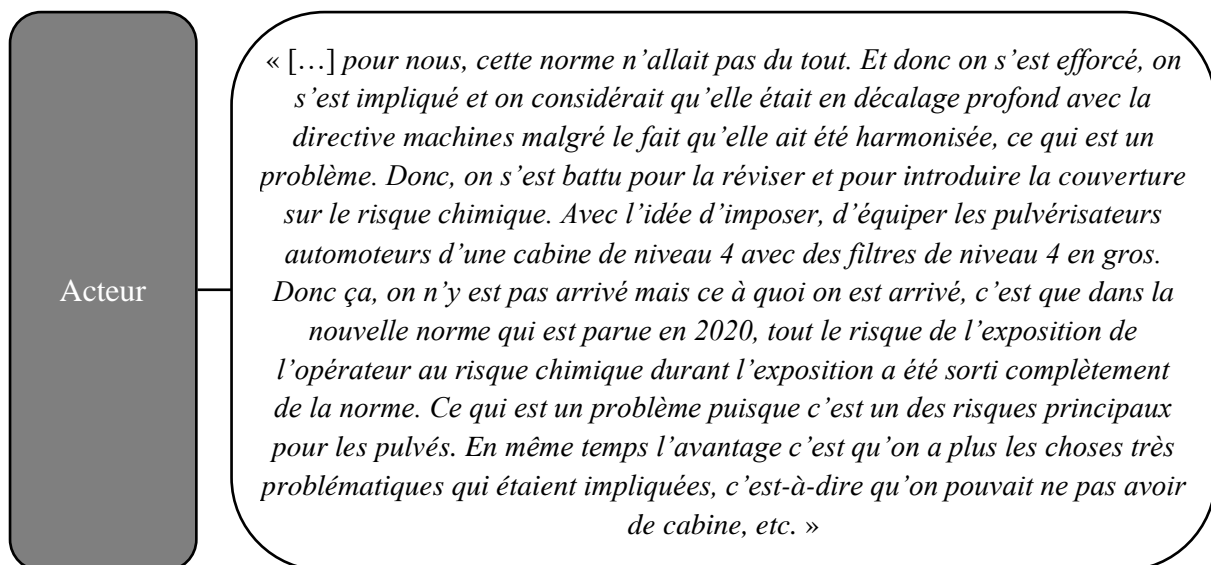
*« [...] dans le sujet pulvé il y a les pulvés automoteurs qui sont des machines mais il y a le pulvé traîné, qui sont quand même à mon avis plus nombreux, où la protection de l'opérateur dépend de la capacité du tracteur utilisé, qu'il dispose bien d'une cabine de niveau 4 avec un filtre de niveau 4. Et là, c'est tout le problème du pulvé, c'est le problème du tracteur. Là, un de nos objectifs cette année mais on n'a pas pu le mettre en place, de s'assurer que les tracteurs mis sur le marché sur les foires et les salons avaient bien soit une cabine de niveau 4 soit, il était clairement indiqué dans leur manuel d'utilisation qu'il ne devait pas être utilisé pour pulvériser des pesticides. Aujourd'hui on est à peu près sûr que c'est assez peu souvent le cas. Là, on pense qu'il y a un souci. [...]. Voilà, et est-ce que les tracteurs utilisés sont bien équipés d'une cabine de niveau 4, etc. je pense que souvent c'est pas le cas. Enfin souvent c'est difficile à dire mais assez souvent en tout cas et que même dans les tracteurs mis sur le marché, il n'est pas forcément indiqué clairement à l'acheteur que s'il achète son tracteur la cabine ne lui permet pas de pulvériser en sécurité. Donc ça c'est l'autre point qu'on veut déployer dans les mois et les années qui viennent en termes de surveillance du marché, à imposer clairement dans les manuels d'utilisation, que les choses soient claires pour l'acheteur du tracteur et l'utilisateur du tracteur. »*

<sup>215</sup> Règlement (UE) n°167/2013 du Parlement européen et du Conseil du 5 février 2013 relatif à la réception et à la surveillance du marché des véhicules agricoles et forestiers.

<sup>216</sup> Art. 18, paragr. 2. 1) du règlement 167/2013.

Le niveau d'exigence pour la conception des cabines des pulvérisateurs automoteurs n'est pas le même. En effet, la [directive 2006/42/CE](#) ne prévoit pas expressément que les conducteurs doivent être protégés contre les substances dangereuses et la norme [EN ISO 4254-6](#) fait exception des spécifications techniques liées à cette protection. De plus, parmi les références normatives de cette norme, les normes [EN 15695-1](#) et [EN 15695-2](#) ne sont pas citées.

Historiquement, les spécifications techniques de la norme [EN ISO 4254-6](#) envisageaient que les pulvérisateurs automoteurs pouvaient ne pas être équipés de cabine ce qui constituait un problème important. Aujourd'hui, la norme ne prévoit plus aucune mesure de protection à ce sujet. En effet, comme il n'a pas été possible d'imposer l'obligation d'équiper les pulvérisateurs automoteurs d'une cabine de catégorie 4, il était préférable de supprimer complètement les spécifications liées à la protection de l'opérateur en cabine.



Comme la révision de la norme [EN ISO 4254-6](#) n'a pas permis d'imposer des spécifications techniques plus importantes, les normes [EN 15695-1](#) et [EN 15695-2](#) sont seulement mentionnées dans son avant-propos.

« Les principales modifications par rapport à l'édition précédente sont les suivantes :

[...]

- *Suppression de la protection de l'opérateur contre les substances dangereuses dans le cas des rampes montées à l'avant car ce risque concerne tous les types de pulvérisateurs mais les exigences appropriées (sous la forme d'une norme internationale de référence) ne sont pas encore disponibles ; toutefois, la protection du conducteur contre le produit lors de sa pulvérisation est traitée dans la Norme européenne harmonisée EN 15695 (Tracteurs agricoles et pulvérisateurs automoteurs – Protection de l'opérateur (conducteur) contre les substances dangereuses – Partie 1 : Classification des cabines, exigences et méthodes d'essai*

et Partie 2 : Filtres, exigences et méthodes d'essai) qui est citée au Journal officiel de l'UE au titre de la Directive Machines 2006/42/CE de l'UE ;  
[...]. »<sup>217</sup>

Acteur

« [...] dans l'avant-propos européen, comme c'est une norme ISO [...] c'est clairement fait référence au fait qu'en Europe, pour la couverture du risque d'exposition pour les opérateurs pendant la pulvérisation il fallait se référer aux normes 15695-1 et 15695-2 c'est-à-dire les normes cabine et filtre qui sont des normes harmonisées, mais qui ne sont pas des normes internationales ISO. »

La seule mention des normes [EN 15695-1](#) et [EN 15695-2](#) dans l'avant-propos de la norme [EN ISO 4254-6](#) fait naître des incertitudes quant à leur utilisation. En effet, en raison des ambiguïtés déjà mentionnées précédemment, la cabine de catégorie 4 n'est aujourd'hui pas obligatoire pour les pulvérisateurs automoteurs mais leur inclusion dans l'avant-propos – officiellement non normatif – laisse la place au doute.

Concepteur

« Il y a eu d'ailleurs une communication du ministère de l'Agriculture qui a été faite là-dessus parce qu'ils sortent des flashs infos périodiquement et en fait justement j'étais revenu vers eux car ils disaient que c'était obligatoire et en fait je leur ai dit que d'après moi, enfin d'après l'interprétation que j'en avais c'était pas du tout ça et finalement ils ont modifié. Ils ont déjà remodifié la rédaction donc évidemment ils recommandent fortement aux utilisateurs de s'orienter vers ce type de cabine, d'exiger ce type de cabine auprès des constructeurs mais il n'y a pas d'obligation aujourd'hui formelle pour les constructeurs. En tout cas pour moi c'est mon interprétation et peut-être qu'elle n'est pas la bonne mais voilà. »

À cela s'ajoute l'ambiguïté soulevée par l'emploi de diverses formes verbales, qui se confirment aussi au sein de la norme [EN 15695-1](#) avec la formulation « *peuvent être utilisées* ». Cela renvoie à une suggestion et non une obligation.

« Pendant l'utilisation de pulvérisateurs automoteurs ou de tracteurs, l'opérateur peut être exposé à des substances dangereuses telles que poussières, aérosols ou vapeurs (par exemple, lors de l'application de produits phytosanitaires ou d'engrais). Les cabines des tracteurs agricoles et des pulvérisateurs automoteurs fournissant une protection contre ces substances **peuvent être utilisées** pour réduire l'exposition de l'opérateur aux contaminants aériens générés au cours des opérations agricoles. »<sup>218</sup>

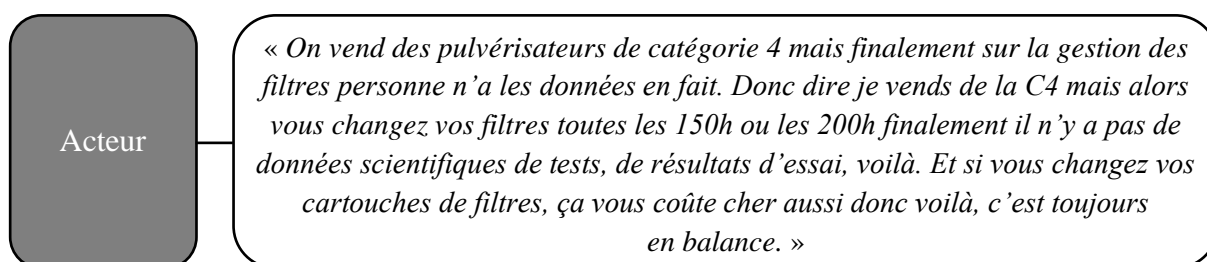
<sup>217</sup> Avant-propos de la norme EN ISO 4254-6.

<sup>218</sup> Introduction de la norme EN ISO 15695-1.

De plus, il est mentionné dès l'introduction de la norme [EN 15695-1](#) qu'elle ne traite pas de certains phénomènes.

- « Le présent document ne traite pas :
- De l'exposition liée aux fumigants ;
  - De la catégorie de cabine et du niveau de performance à utiliser pour une application particulière donnée ;
  - **Des performances réelles de la cabine dans le cas d'applications au champ ;**
  - De la durabilité des filtres aux champs. »<sup>219</sup>

Les données sont aujourd'hui insuffisantes pour assurer la protection complète de l'opérateur en cabine.

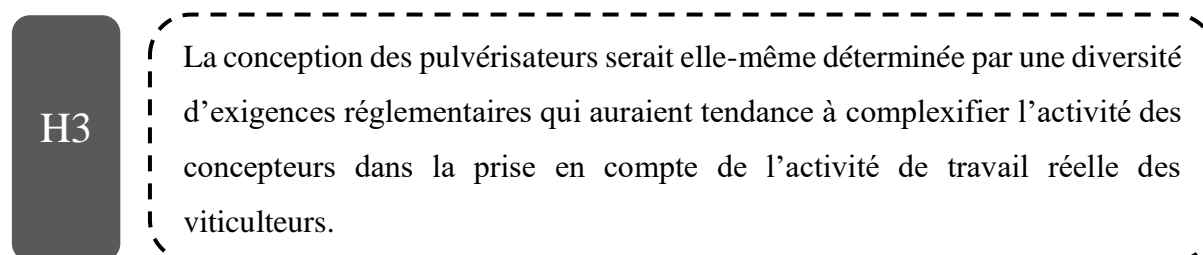


« On vend des pulvérisateurs de catégorie 4 mais finalement sur la gestion des filtres personne n'a les données en fait. Donc dire je vends de la C4 mais alors vous changez vos filtres toutes les 150h ou les 200h finalement il n'y a pas de données scientifiques de tests, de résultats d'essai, voilà. Et si vous changez vos cartouches de filtres, ça vous coûte cher aussi donc voilà, c'est toujours en balance. »

En effet, il n'est pas prouvé que les cabines de catégorie 4 fournissent une performance adéquate lors des activités de conduite. Pour rappel, les agriculteurs sont souvent amenés à réaliser des allers-retours au sein de la cabine pendant la préparation des produits, l'application, mais aussi le nettoyage du matériel. Les filtres présents en cabine permettent-ils de pallier à la contamination de la cabine suite à ces allers-retours ? Même s'il est préconisé dans la notice d'instructions de ne pas introduire de vêtements contaminés à l'intérieur de la cabine, cela est-il suffisant ?

#### 11.4. Conclusion : réponse à la troisième hypothèse

Cette troisième partie de résultats permet de répondre à la troisième hypothèse formulée précédemment. Pour rappel, l'hypothèse est la suivante :



La conception des pulvérisateurs serait elle-même déterminée par une diversité d'exigences réglementaires qui auraient tendance à complexifier l'activité des concepteurs dans la prise en compte de l'activité de travail réelle des viticulteurs.

<sup>219</sup> Part. 1. de la norme EN ISO 15695-1.



### 11.4.1. Les activités de conception doivent tenir compte d'une diversité d'exigences réglementaires

Afin de commercialiser leurs machines dans tous les États membres de l'Union européenne, les concepteurs sont soumis au respect des exigences essentielles de la [directive 2006/42/CE](#). À ce niveau, l'harmonisation réalisée à l'échelle européenne présente des avantages pour les fabricants. En effet, les normes harmonisées proposées fournissent des spécifications techniques permettant d'atteindre les objectifs fixés par la directive. Ainsi, pour obtenir la présomption de conformité à la directive machines, les concepteurs ont principalement recours à ces normes.

De ce fait, les exigences réglementaires issues des normes juridiques et des normes techniques déterminent l'activité des fabricants en raison des prescriptions qui s'imposent à eux pour la conception des pulvérisateurs. Les principaux critères associés au processus de conception – que sont les délais, les coûts, la technique et l'innovation – sont alors influencés par ces exigences (*cf.* Figure 95). Par exemple, une spécification technique d'une norme harmonisée peut nécessiter des développements plus importants que ceux initialement prévus entraînant des coûts et des délais de conception supplémentaires.

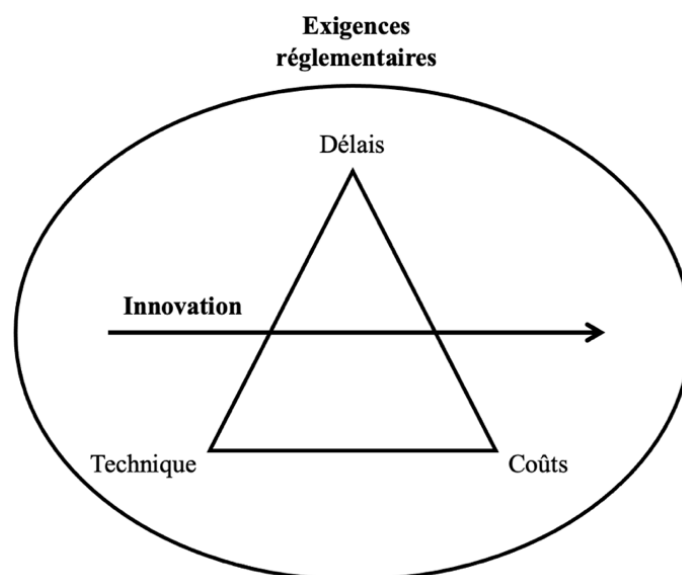


Figure 95 – Principaux enjeux liés au processus de conception des pulvérisateurs influencés par les exigences réglementaires



En raison de leur diversité, de leur contenu ou encore de leurs évolutions, les exigences réglementaires ont tendance à complexifier l'activité des fabricants. Le phénomène d'autoréférencement qui contraint les concepteurs à se référer à une quantité importante de normes implique l'intégration de spécifications techniques de plus en plus nombreuses. Cette pluralité – associée à des prescriptions inadéquates vis-à-vis des solutions techniques proposées par les fabricants et des besoins réels des agriculteurs – peut être à l'origine d'un manque d'effectivité. À ce niveau, ce sont aussi les évolutions des exigences réglementaires qui sont source de complexité en considération des développements nécessaires à la modification des machines déjà en production. Plus en amont, il apparaît également que les concepteurs rencontrent des difficultés à identifier les normes techniques harmonisées effectivement applicables à la conception des pulvérisateurs dans un contexte normatif particulièrement dense. Eu égard à l'ensemble de ces difficultés, il est possible d'avancer que les normes juridiques et techniques déterminent les activités de conception et qu'elles constituent plutôt un moyen de se protéger et de favoriser la libre circulation des machines au sein de l'Union européenne qu'un moyen de faciliter ces activités.

#### 11.4.2. Une dimension contraignante source d'incertitudes

Même si le respect des normes harmonisées permet d'obtenir une présomption de conformité à la [directive 2006/42/CE](#), il relève de la seule responsabilité des fabricants de choisir à quelles normes harmonisées ils souhaitent se conformer. En effet, il est possible pour les concepteurs de se contenter d'une seule norme harmonisée pour mettre leurs machines sur le marché alors qu'en réalité il serait plus pertinent d'en appliquer plusieurs. Par exemple, les fabricants se réfèrent essentiellement aux normes [EN ISO 4254-1](#) et [EN ISO 4254-6](#) pour la conception des pulvérisateurs alors que la norme [EN ISO 12100](#) leur permettrait d'approfondir l'évaluation et la réduction des risques liés à l'utilisation de ces machines. Ce manque d'effectivité trouve également son origine dans le contenu même des normes juridiques et techniques qui est source d'approximations atténuant leur dimension contraignante. En effet, les formulations employées peuvent prêter à confusion quant aux obligations précises pesant sur les concepteurs, en particulier lorsqu'il s'agit de favoriser des mesures de prévention dès la conception. Le recours aux mesures de protection individuelle et d'information auprès des utilisateurs peut donc être plus important que ce qui est initialement prôné par la réglementation. En somme, les fabricants ont tendance à faire le minimum à l'égard de l'intégration des exigences réglementaires au

cours du processus de conception en considération des incertitudes liées à la dimension contraignante de ces exigences.

#### 11.4.3. Le contenu des normes juridiques et techniques complexifie la prise en compte du travail réel des agriculteurs

En raison de l'absence de techniques d'analyse des usages et des risques de contamination au cours du processus de conception, la réglementation constituerait un moyen pertinent pour y intégrer des enjeux de santé et de sécurité. En effet, elle détermine aussi à terme les activités de traitement à travers la définition d'usages souhaités et dits « *sûrs* ». Néanmoins, l'analyse du contenu de ces exigences met en visibilité des lacunes au regard de l'écart constaté entre les usages souhaités et les usages réels en situation de travail. En effet, à l'instar des activités de conception, il existe une méconnaissance de la complexité des faits. Les lacunes identifiées concernent la prise en compte du travail réel et les risques de contamination puisque les spécifications techniques ne représentent pas une réponse suffisante aux difficultés et aux risques rencontrés par les agriculteurs à l'utilisation des pulvérisateurs. Par exemple, au sein de la norme [EN ISO 4254-6](#), la prévention des risques de contamination ne porte que sur les situations d'exposition directe lors de quelques opérations liées à la cuve du pulvérisateur.

Au regard de l'objectif fixé par la directive machines, qui prévoit que l'opérateur doit être protégé contre le risque d'exposition aux pesticides, les spécifications techniques de cette norme sont insuffisantes. En effet, elles ne tiennent pas compte de la complexité des situations de travail où les expositions directes et indirectes aux pesticides concernent une diversité d'organes du pulvérisateur et sont identifiées à chaque étape du traitement. Malgré ce qu'elles affirment, les normes techniques ne recensent pas tous les phénomènes dangereux liés à l'utilisation des pulvérisateurs, et ce même lorsque cette utilisation est « *normale* ». Les phénomènes dangereux listés au sein de ces normes se limitent à des conditions de travail nominales qui n'intègrent pas la variabilité et les aléas. L'application des spécifications techniques nécessite en réalité une compréhension du travail réel, mais elle ne propose pas de méthodologies aux fabricants pour viser cette compréhension. L'approche à tendance « *technocentrée* » de la conception des pulvérisateurs peut se trouver renforcée en raison d'usages prescrits – à la fois par les concepteurs et à la fois par la réglementation – qui ne tiennent pas suffisamment compte de l'activité des agriculteurs.

#### 11.4.4. La réglementation : un des déterminants des activités de conception

Les résultats présentés au sein de ce chapitre permettent d'avancer que la réglementation détermine les activités de conception (cf. Figure 96). En effet, les exigences réglementaires orientent les choix de conception dans un contexte où leur respect représente une condition sine qua non à la mise sur le marché des machines au sein de l'Union européenne. En déterminant les activités de conception, la réglementation détermine également la conception des pulvérisateurs et à terme les activités de traitement qui pourront faire l'objet de situations d'exposition aux pesticides à la suite de difficultés d'usage ou de genèses instrumentales.

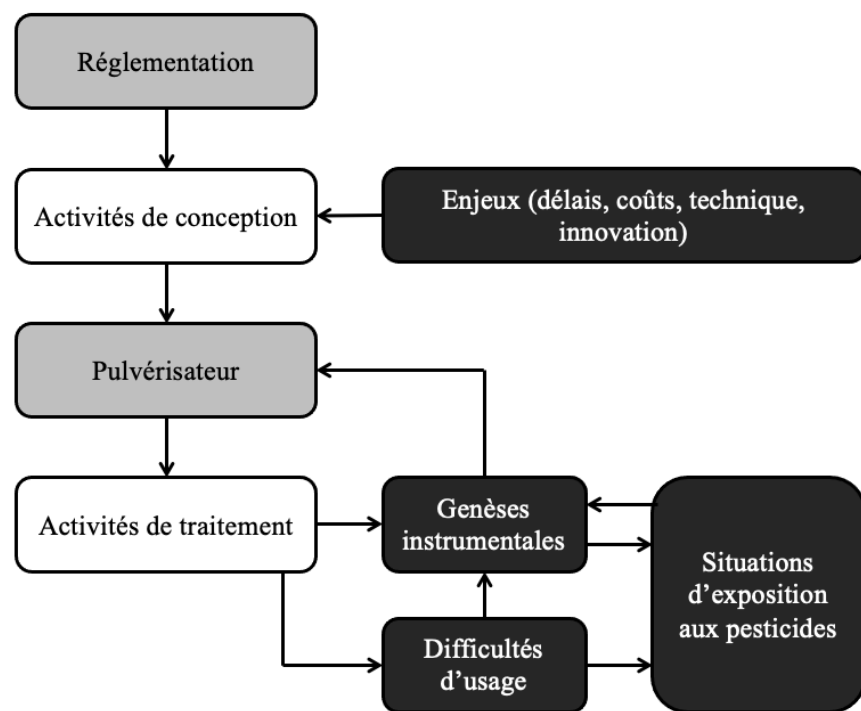


Figure 96 – La réglementation comme déterminant des activités de conception

## Chapitre 12. Un contexte réglementaire à l'épreuve des intérêts en cause

Au sein de ce chapitre, nous souhaitons apporter des réponses à la quatrième et dernière hypothèse formulée précédemment.

H4

Le contexte réglementaire relatif à la conception des pulvérisateurs relèverait d'une diversité d'enjeux et d'intérêts parfois contradictoires. Dans ce contexte, les enjeux de santé et de sécurité au travail ne seraient pas priorités, ce qui impacterait à terme les activités de traitement.

Afin de répondre à cette quatrième hypothèse, il convient dans un premier temps d'énoncer les objectifs qu'elle sous-tend (§12.1). La formulation de ces objectifs permet ensuite de décrire la méthodologie déployée auprès des acteurs en charge de l'élaboration des normes techniques (§12.2). Les résultats issus des analyses menées auprès de ces acteurs font l'objet de la partie suivante (§12.3). Enfin, dans la dernière partie de ce chapitre, nous proposons une conclusion qui apporte des réponses à la quatrième hypothèse (§12.4).

### 12.1. Objectifs de recherche

En considération de la quatrième hypothèse, les objectifs associés à l'analyse menée auprès des acteurs en charge de l'élaboration des normes techniques visent à caractériser :

- La constitution des commissions de normalisation pour les normes techniques harmonisées applicables à la conception des pulvérisateurs ;
- La diversité des acteurs et des intérêts en jeu au sein de ces commissions ;
- Les difficultés liées à cette diversité pour la formation d'un consensus ;
- La place accordée aux enjeux de santé et de sécurité au travail au sein du contexte réglementaire relatif à la conception des pulvérisateurs ;
- La place accordée aux intérêts économiques au sein du contexte réglementaire relatif à la conception des pulvérisateurs ;
- Le fonctionnement du système de surveillance du marché.

## 12.2. Méthodologie de recherche

### 12.2.1. Le terrain d'étude

#### 12.2.1.1. Les acteurs en charge de l'élaboration de la réglementation

Le terrain d'étude concernant les acteurs en charge de l'élaboration des normes techniques est le même que celui décrit au sein du chapitre précédent (§11.2.1.2, pp. 228-229).

### 12.2.2. Le recueil des données

#### 12.2.2.1. Les entretiens avec les acteurs en charge de l'élaboration des normes techniques (2)

Les entretiens menés avec les acteurs en charge de l'élaboration des normes techniques représentaient également une occasion de comprendre le contexte réglementaire applicable à la conception des pulvérisateurs quant aux différents intérêts en jeu. Sur ce point, les thèmes suivants ont été abordés durant ces entretiens : la diversité des acteurs et des intérêts représentés dans les commissions de normalisation ; la place respective accordée aux enjeux de santé et de sécurité au travail, d'une part, et aux intérêts économiques, d'autre part, au sein du contexte réglementaire relatif à la conception des pulvérisateurs ; et le fonctionnement du système de surveillance du marché. Afin d'aborder au mieux ces différents thèmes pendant les entretiens, des guides ont été conçus (*cf.* Annexe J, p. 392). Pour rappel, ces guides d'entretien étaient spécifiques à chaque acteur interviewé en raison de son rattachement et de sa spécialité (*cf.* Tableau 35, p. 229). Le calendrier et la durée des entretiens réalisés sont décrits au sein du tableau 36 présenté précédemment (p. 230).

#### 12.2.2.2. Les normes juridiques et techniques applicables à la conception des pulvérisateurs

Les normes juridiques et techniques étudiées sont les mêmes que celles décrites au sein du chapitre précédent (*cf.* Annexe K, pp. 393-394).

### 12.2.3. Le traitement des données

#### 12.2.3.1. Analyse des entretiens menés avec les acteurs en charge de l'élaboration des normes techniques (2)

Pour rappel, ce sont neuf entretiens qui ont été réalisés avec les acteurs en charge de l'élaboration des normes techniques. Ces entretiens ont été retranscrits intégralement et l'analyse qualitative des verbalisations s'est focalisée sur les extraits d'entretien alimentant les thèmes suivants : la diversité des acteurs et des intérêts représentés dans les commissions de normalisation ; la place respective accordée aux enjeux de santé et de sécurité au travail, d'une part, et aux intérêts économiques, d'autre part, au sein du contexte réglementaire relatif à la conception des pulvérisateurs ; et le fonctionnement du système de surveillance du marché. La description des verbatims recherchés selon les différents thèmes est présentée dans le tableau ci-dessous (*cf.* Tableau 42).

<b>Thèmes</b>	<b>Description des verbatims recherchés</b>
Diversité des acteurs et des intérêts en jeu dans les commissions de normalisation	<ul style="list-style-type: none"><li>- La place occupée par les fabricants de pulvérisateurs et leurs intérêts</li><li>- La place occupée par les utilisateurs/agriculteurs et leurs intérêts</li><li>- La place donnée à l'ergonomie et la prise en compte du travail réel des agriculteurs</li><li>- La place occupée par les autorités publiques et leurs intérêts</li><li>- Les difficultés associées à la diversité des acteurs pour l'atteinte du consensus</li></ul>
Place accordée aux enjeux de santé et de sécurité au travail au sein du contexte réglementaire	<ul style="list-style-type: none"><li>- Les acteurs qui favorisent la prise en compte des enjeux de santé et de sécurité</li><li>- La confrontation des enjeux de santé et de sécurité avec d'autres intérêts</li><li>- Les difficultés associées à la priorisation de ces enjeux</li></ul>
Place accordée aux intérêts économiques au sein du contexte réglementaire	<ul style="list-style-type: none"><li>- Les acteurs qui favorisent la prise en compte des intérêts économiques</li><li>- La place accordée à la libre circulation des machines au sein de l'Union européenne</li></ul>
Fonctionnement du système de surveillance du marché	<ul style="list-style-type: none"><li>- Le manque de surveillance du marché</li><li>- Les difficultés liées au fonctionnement de la surveillance du marché</li><li>- Les conditions de réalisation des contrôles</li></ul>

Tableau 42 – Description des verbatims recherchés selon les thèmes d'analyse des entretiens menés avec les acteurs en charge de l'élaboration des normes techniques (2)

### 12.2.3.2. Analyse du contenu des normes juridiques et techniques applicables à la conception des pulvérisateurs (2)

Le contenu des normes juridiques et techniques a été analysé selon les mêmes critères que ceux abordés dans les entretiens. Les différents critères d'analyse et leur description font l'objet du tableau ci-dessous (cf. Tableau 43).

<b>Critères</b>	<b>Description</b>
Diversité des acteurs impliqués dans les commissions de normalisation	<ul style="list-style-type: none"><li>- La constitution des commissions de normalisation</li><li>- Les exigences réglementaires liées à la constitution des commissions de normalisation</li></ul>
Place accordée aux enjeux de santé et de sécurité au travail	<ul style="list-style-type: none"><li>- Les exigences réglementaires liées à la prise en compte des enjeux de santé et de sécurité du travail</li></ul>
Place accordée aux intérêts économiques	<ul style="list-style-type: none"><li>- Les exigences réglementaires liées à la prise en compte des intérêts économiques</li></ul>
Fonctionnement du système de surveillance du marché	<ul style="list-style-type: none"><li>- Les exigences réglementaires liées à la surveillance du marché</li><li>- Les exigences réglementaires sur le fonctionnement de la surveillance du marché</li></ul>

Tableau 43 – Description des critères pour l'analyse du contenu des normes juridiques et techniques applicables à la conception des pulvérisateurs (2)

## 12.3. Résultats

Eu égard aux objectifs de recherche énoncés précédemment, cette quatrième et dernière partie de résultats vise à mettre en visibilité les différents intérêts en jeu relatifs au contexte réglementaire applicable à la conception des pulvérisateurs. Pour cela, la première partie a pour finalité de décrire la constitution des commissions de normalisation technique au regard de la diversité des acteurs impliqués et des difficultés que soulève cette diversité (§12.3.1). La seconde partie vise à rendre compte de l'influence des intérêts économiques à l'échelle européenne pour la conception des pulvérisateurs, des conditions de mise sur le marché et des contrôles effectués dans le cadre de la surveillance du marché (§12.3.2).

Afin d'illustrer au mieux les résultats présentés, les propos sont accompagnés d'extraits d'entretiens, mais aussi de citations issues des normes juridiques et techniques étudiées. À

l'instar du chapitre précédent, pour des raisons de confidentialité, les extraits d'entretiens sont seulement accompagnés de la mention « *concepteur* » ou « *acteur* ».

### 12.3.1. Les commissions de normalisation technique

#### 12.3.1.1. La constitution des commissions de normalisation

Dans le cadre de l'élaboration des normes techniques, des commissions de normalisation sont constituées. Ces commissions sont composées d'acteurs dont le champ d'expertise correspond au domaine de la norme en projet. Les acteurs investis dans la normalisation – alors qualifiés d'« *experts* » – ont des provenances diverses. En effet, basé sur le consensus, le processus de normalisation nécessite que toutes les parties intéressées soient représentées. À ce niveau, la [directive 2009/127/CE](#) rappelle l'importance de l'implication de toutes les parties prenantes pour l'établissement des normes techniques.

« *Il est essentiel que toutes les parties intéressées, y compris l'industrie, les agriculteurs et les organisations de protection de l'environnement, soient associées sur un pied d'égalité à l'établissement de ces normes harmonisées de manière à s'assurer qu'elles sont adoptées sur la base d'un consensus clair entre toutes les parties prenantes.* »<sup>220</sup>

Pour chaque norme technique, il existe, dès les premières pages, une présentation de la composition de la commission concernée par son élaboration. Pour les normes harmonisées applicables à la conception des pulvérisateurs, les parties prenantes peuvent être distinguées selon différentes catégories : les autorités publiques (MAA et CCMSA), les industriels (fabricants de matériels agricoles, AXEMA), les organismes de normalisation (AFNOR) et les laboratoires de recherche (INRS, IRSTEA, universités). Le tableau ci-dessous donne à voir sur le nombre d'acteurs présents dans les commissions de normalisation pour chacune de ces catégories (*cf.* Tableau 44, p. 284). La composition de ces commissions accorde une place privilégiée aux industriels et, dans une moindre mesure, aux autorités publiques. Les acteurs appartenant aux organismes de normalisation et aux laboratoires occupent une place moins importante.

---

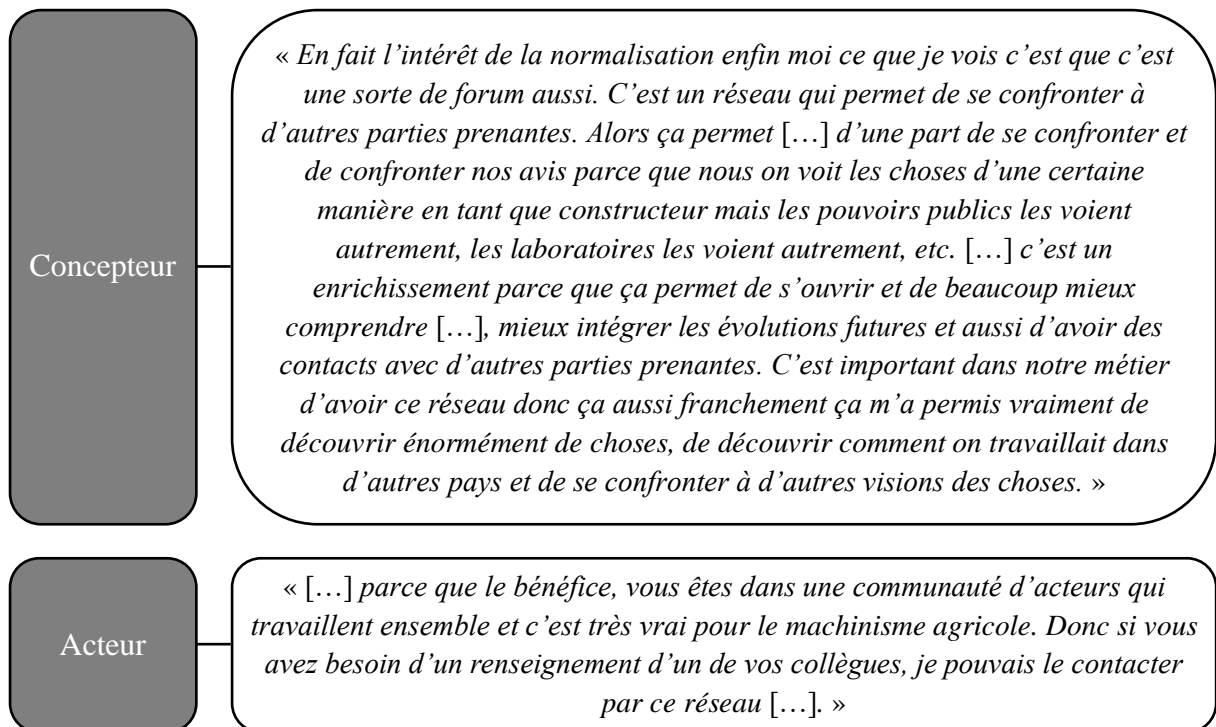
<sup>220</sup> Consid. 8 de la directive 2009/127/CE.



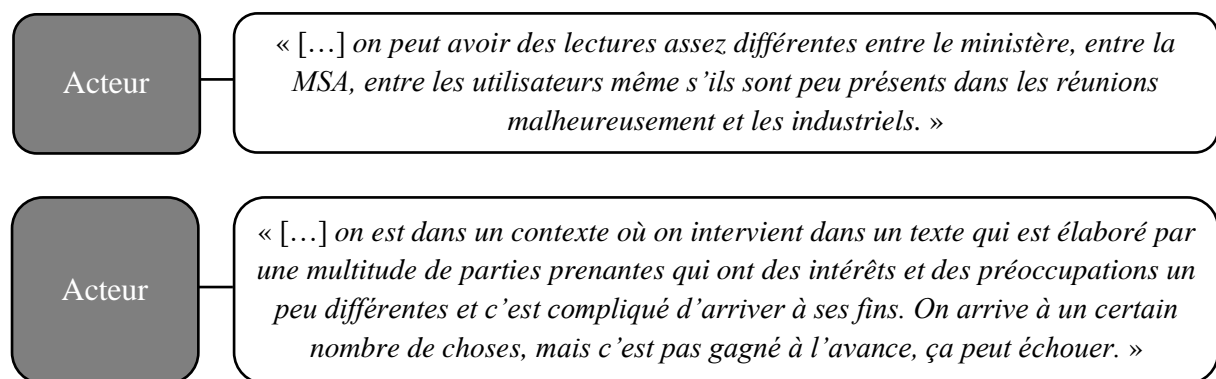
Référence de la norme	Autorités publiques		Industriels		Organismes de normalisation	Laboratoires		
	MAA	CCMSA	Fabricants	AXEMA	AFNOR	INRS	IRSTEA	BSA
EN ISO 4254-1	3	2	11	2	2	-	2	1
EN ISO 4254-6	6	2	21	1	-	-	2	-
EN ISO 15695-1	5	3	25	3	-	1	3	-
EN ISO 15695-2	4	3	24	3	1	1	3	-
EN ISO 16119-1	5	1	16	2	1	-	2	-
EN ISO 16119-3	5	1	16	2	1	-	2	-

Tableau 44 – Nombre d’acteurs présents au sein des commissions de normalisation pour chacune des catégories

Participer aux travaux des commissions de normalisation représente un enjeu pour ces acteurs. En effet, cela leur permet de construire un réseau, d'être confrontés à des points de vue différents et d'influencer le contenu des normes.



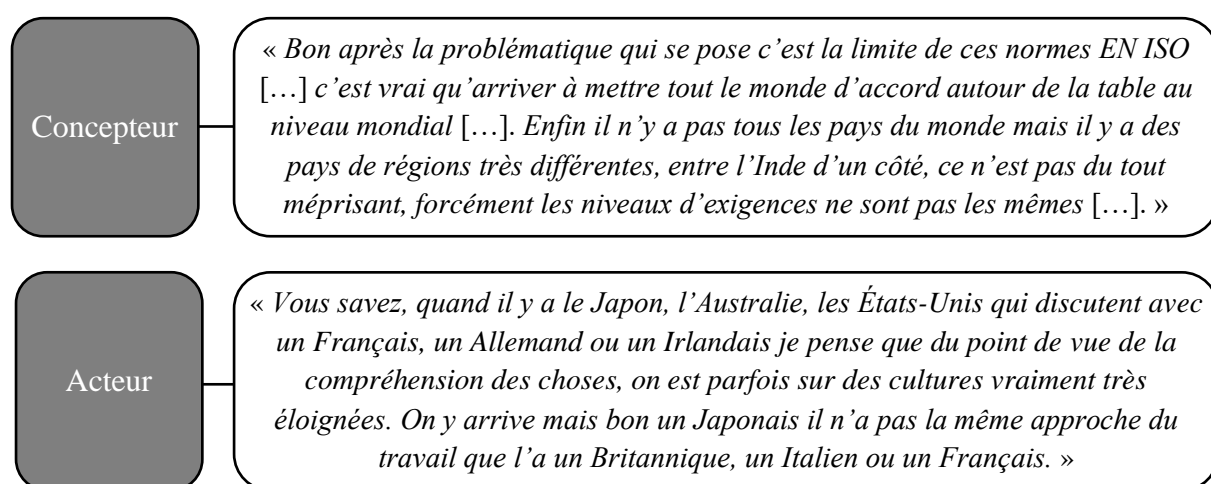
Même si la diversité des acteurs impliqués dans les commissions de normalisation contribue à la richesse des échanges, elle soulève aussi des limites du fait de la diversité des représentations et des intérêts en jeu.



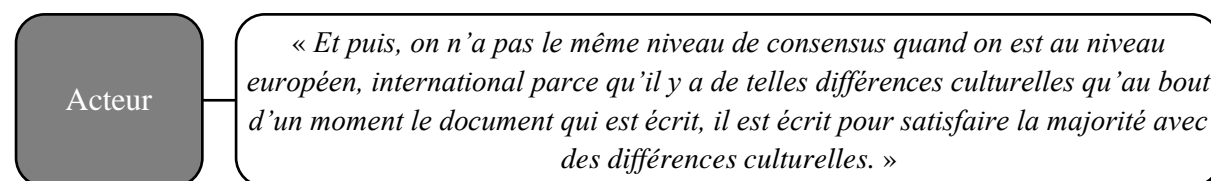
La diversité des intérêts en jeu dans les commissions s'accroît en raison de la dimension internationale de la normalisation, ce qui peut complexifier les conditions pour parvenir au consensus.

### 12.3.1.2. La dimension internationale de la normalisation à l'origine de difficultés pour l'atteinte du consensus

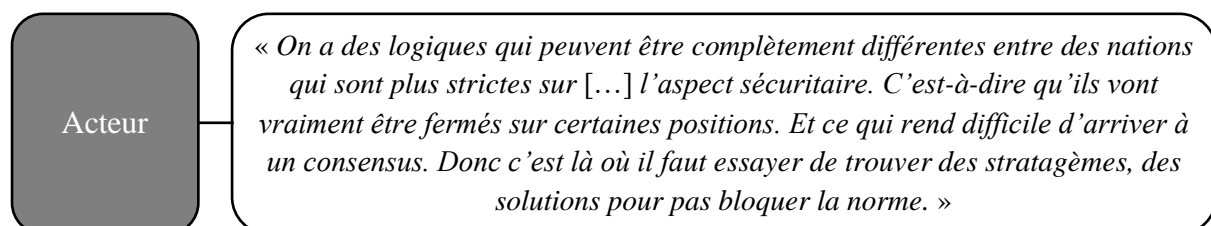
L'élaboration des normes repose sur un principe indispensable à leur publication : le principe de consensus. Toutefois, parvenir à ce consensus peut devenir complexe en raison de la diversité des intérêts dont il faut tenir compte. À ce niveau, la dimension internationale de la normalisation accentue cette complexité du fait des représentations, des cultures et des exigences qui diffèrent d'un pays à l'autre. Pour rappel, les normes techniques harmonisées sont majoritairement élaborées par l'ISO, pour être ensuite transposées au niveau européen par le CEN.



L'approche du travail varie effectivement d'un pays à l'autre. Néanmoins, pour viser la publication de la norme, il est essentiel de faire des compromis pour satisfaire la majorité et ainsi atteindre un consensus.



Dans le cas où le consensus ne serait pas atteint, cela peut bloquer l'adoption de la norme.



Ces situations de blocage s'avèrent problématiques puisqu'elles impactent directement les activités de conception.

Concepteur

« Parce que le souci, c'est que quand ce genre de chose arrive, la norme est bloquée donc on n'arrive pas à trouver un consensus, on n'arrive pas à la valider après enquête ce qui fait que les utilisateurs de ces normes, c'est-à-dire les industriels se retrouvent bloqués. »

Pour ne pas bloquer la norme, la recherche de compromis est importante. Néanmoins, les compromis réalisés ne permettent pas toujours de prioriser les enjeux de santé et de sécurité. C'est le cas de l'élaboration de la norme [EN ISO 4254-6](#), au cours de laquelle le choix a été fait de supprimer la protection de l'opérateur en cabine contre les substances dangereuses. Alors que certains pays européens étaient favorables à l'obligation d'équiper les pulvérisateurs automoteurs de cabine de catégorie 4, d'autres pays comme les États-Unis s'y sont opposés.

Concepteur

« Les gens, notamment les Américains, les Brésiliens, ils ne veulent pas de ces normes-là [normes relatives à la protection en cabine]. On ne pouvait pas y faire référence dans le corps de la nouvelle norme [...]. Ça veut dire qu'il n'a pas été possible d'intégrer dans la norme l'obligation de mettre une cabine en tant que telle parce que les Américains clairement ils sont quand même les plus puissants dans le système ISO [...] ont réussi à bloquer le processus. »

Afin de ne pas complètement ignorer la protection en cabine des agriculteurs, les pays européens ont fait le choix de mentionner les normes [EN 15695-1](#) et [EN 15695-2](#) relatives à cette protection dans l'avant-propos de la norme [EN ISO 4254-6](#). Toutefois, cette mention présente des limites puisque l'avant-propos n'a pas de dimension contraignante. En effet, il ne fait pas partie des spécifications techniques dont les fabricants doivent tenir compte pour la conception afin de se conformer à la [directive 2006/42/CE](#).

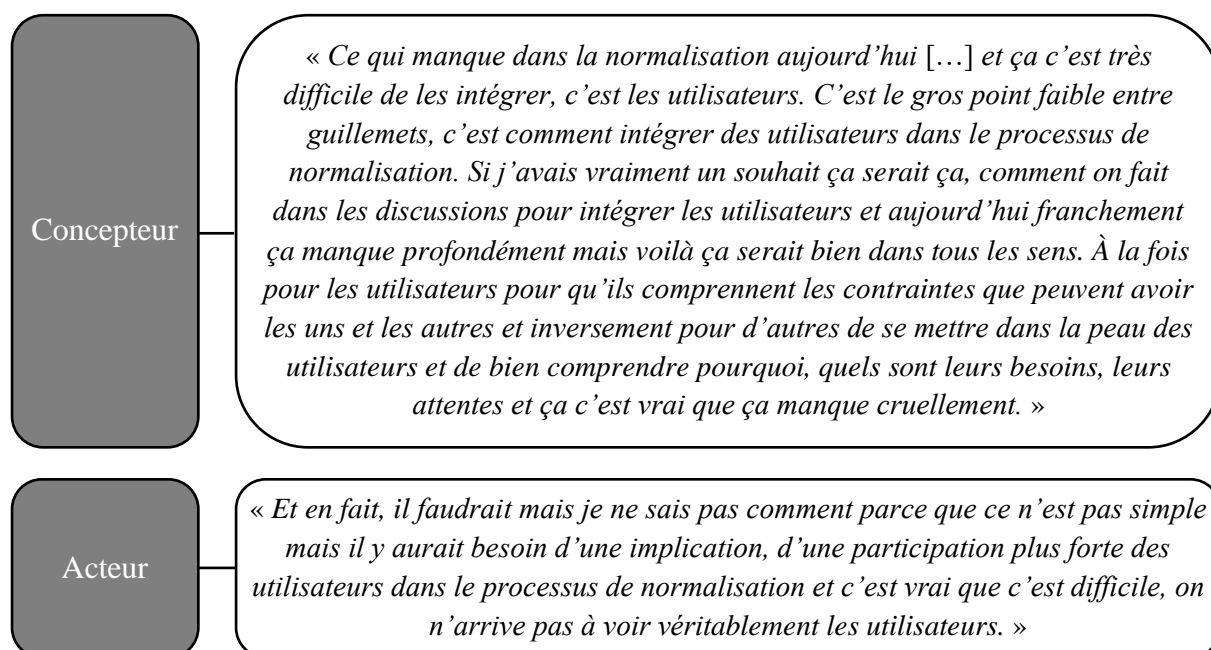
Concepteur

« Forcément les niveaux d'exigences ne sont pas les mêmes [d'un pays à l'autre], c'est pour ça d'ailleurs qu'on essaye de ne pas avoir deux versions différentes et l'artifice qui a été trouvé ça a été de le mettre dans le préambule. [...] sachant qu'en plus de ça, sauf erreur, le préambule n'est pas véritablement normatif alors voilà [...] d'un point de vue même formel, c'est un peu bancal. »

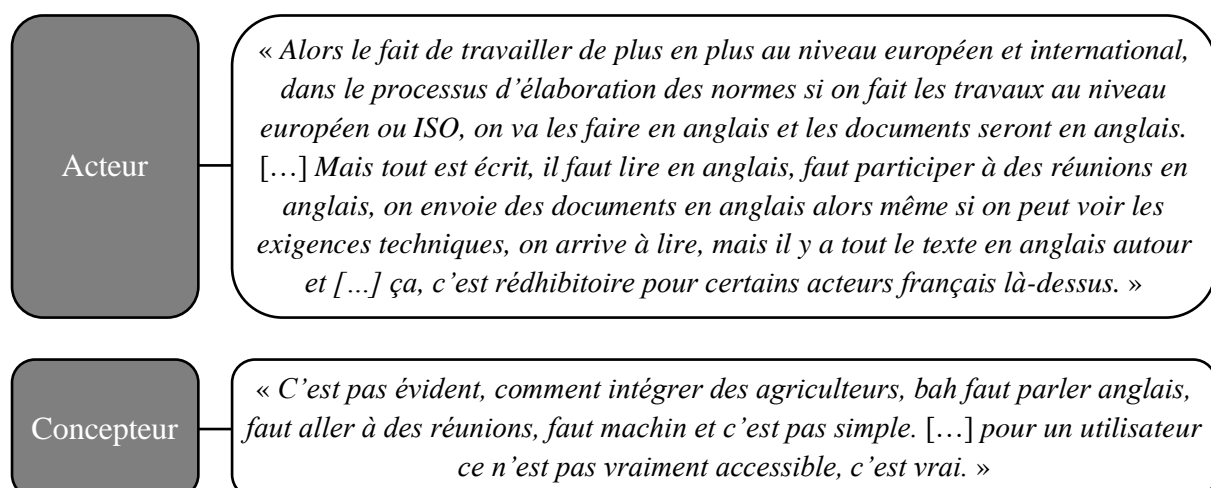
La dimension internationale de la normalisation peut être à l'origine de difficultés pour parvenir au consensus, ce qui peut parfois empêcher la priorisation des enjeux de santé et de sécurité. Et, cette priorisation s'avère d'autant plus difficile du fait de l'absence de participation des agriculteurs aux commissions de normalisation.

### 12.3.1.3. Une absence des agriculteurs

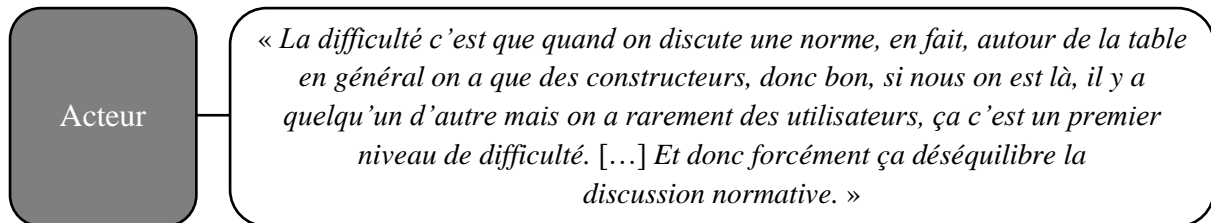
Même si la [directive 2009/127/CE](#) mentionne l'importance d'associer sur un pied d'égalité les agriculteurs aux autres parties prenantes, il se trouve qu'ils ne sont pas présents dans les commissions de normalisation (cf. Tableau 44, p. 284). L'implication des utilisateurs est pourtant essentielle pour que les spécifications techniques des normes tiennent compte des usages réels.



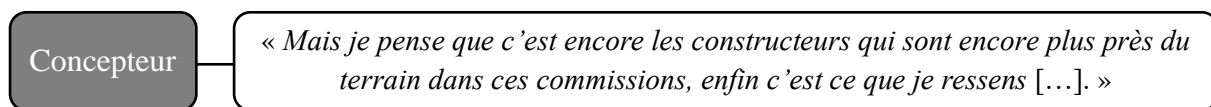
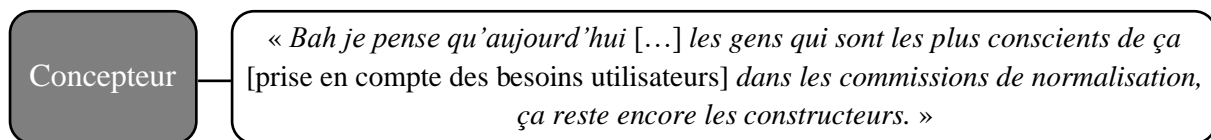
Les commissions de normalisation sont des espaces difficiles d'accès pour les agriculteurs. En effet, participer à l'élaboration des normes techniques nécessite d'avoir du temps et des moyens financiers suffisants pour se rendre aux réunions. En raison de la dimension internationale de la normalisation, ces réunions ont souvent lieu à l'étranger et de ce fait elles se déroulent majoritairement en anglais ce qui constitue une difficulté supplémentaire.



L'absence des agriculteurs dans les commissions de normalisation constitue aujourd'hui une limite importante. Nonobstant la volonté d'associer sur un pied d'égalité l'ensemble des parties intéressées, les commissions sont en réalité majoritairement composées d'industriels, ce qui fait naître un déséquilibre dans la discussion normative.



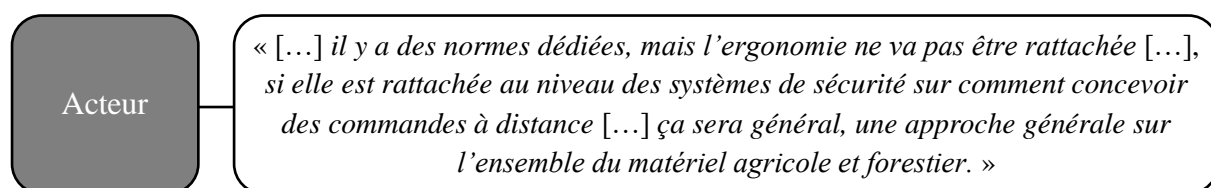
Les agriculteurs ne sont donc pas en mesure de défendre leurs propres besoins au cours de l'établissement des normes techniques. À ce niveau, les fabricants se considèrent être les mieux placés pour représenter les besoins des utilisateurs dans les commissions.



Néanmoins, les analyses menées auprès des concepteurs ont mis en évidence que les activités de conception relèvent d'une approche technocentrée où l'activité réelle de travail des agriculteurs ne fait pas l'objet d'analyses spécifiques. De ce fait, les normes techniques ont tendance à être élaborées par une majorité d'acteurs qui est peu emprise avec les conditions réelles de travail.

#### 12.3.1.4. Une moindre place pour l'ergonomie

Pour les normes applicables à la conception des pulvérisateurs, l'ergonomie n'a pas directement de place dans les commissions de normalisation (cf. Tableau 44, p. 284). En effet l'ergonomie occupe plutôt une position transversale pour l'établissement de spécifications techniques relatives à la conception du matériel agricole.



Du fait de cette position, il est difficile de privilégier les enjeux portés par l'ergonomie au sein de l'intégralité des normes techniques.

Acteur

« Non mais c'est extrêmement compliqué d'être partout. Parce que l'ergonomie, c'est une thématique horizontale qui s'adresse à tout. Donc non parfois, je suis sûre que dans des normes il y a des choses qui sont fausses du point de vue de l'ergonomie mais comme on n'y était pas [...] on travaille en commun mais c'est pas tout le temps comme ça. »

Les commissions de normalisation ne sont que très rarement composées d'ergonomes et/ou de chercheurs en ergonomie, ce qui complexifie la prise en compte de l'activité au cours de l'élaboration des spécifications techniques.

Acteur

« [...] ce qui est regrettable c'est qu'on n'a pas suffisamment voire quasiment pas de chercheurs autour de la table. Alors, on va dire enseignant-chercheur parce qu'il y a l'INRS et l'INRS fait de la recherche donc on peut dire qu'on a quelques chercheurs. Mais l'INRS fait de la recherche orientée sécurité [...]. Donc c'est une recherche d'un certain point de vue, c'est un peu regrettable que l'on n'ait pas des chercheurs ergonomes qui [...] viennent enrichir. »

Les difficultés liées au positionnement de l'ergonomie s'accroissent du fait de la dimension internationale de la normalisation. En effet, compte tenu des courants différents et des représentations entre les pays, parvenir à un consensus en matière d'ergonomie est difficile.

Acteur

« En France déjà, moi je ne suis pas ergonomiste mais à force de travailler avec eux, on a déjà des différences, des chapelles, des manières de penser différentes en ergonomie donc se mettre déjà d'accord sur un consensus français, c'est déjà pas mal mais alors imaginons maintenant avec l'Europe et l'international, c'est encore autre chose. »

De ce fait, la prise en compte de l'activité peut s'avérer être une contrainte au développement allant à l'encontre d'autres intérêts.

Acteur

« Ce qui au niveau international nous pose à certains moments des problèmes puisque'ils nous disent "ok l'analyse de l'activité c'est bien gentil, mais si ça nous contraint trop..." »

Au cours de l'enquête publique, il est fréquent que la France émette des réserves quant au contenu de la norme du fait d'une faible considération de l'activité. Néanmoins, ces réserves n'aboutissent en général pas à des modifications de la norme concernée.

Acteur

« Il y a une norme internationale qui est rédigée. Cette norme internationale au même titre que pour la norme française, elle est mise en enquête publique. C'est-à-dire que toutes les commissions de tous les pays vont analyser la norme en question, la commenter et ensuite voter en approuvant ou n'approuvant pas cette norme. Typiquement, assez souvent, la France désapprouve par rapport aux autres parce que justement on n'est pas dans l'activité. Donc il n'est pas rare que nous désapprouvions. Pour autant on est une petite goutte d'eau dans les 100 et quelques pays. La voix de la France compte parce qu'on fait partie des pays qui ont le plus d'ergonomes qui fonctionnent, etc. pour autant à un moment donné c'est une voix, un pays et puis après on fait le compte, et puis ça passe et c'est terminé. »

En raison de l'absence des agriculteurs et de la moindre place accordée à l'ergonomie dans l'élaboration des normes techniques, il convient de s'interroger sur la position des autorités publiques et à leur possibilité de faire valoir des critères de santé et de sécurité.

#### 12.3.1.5. Un positionnement difficile des autorités publiques

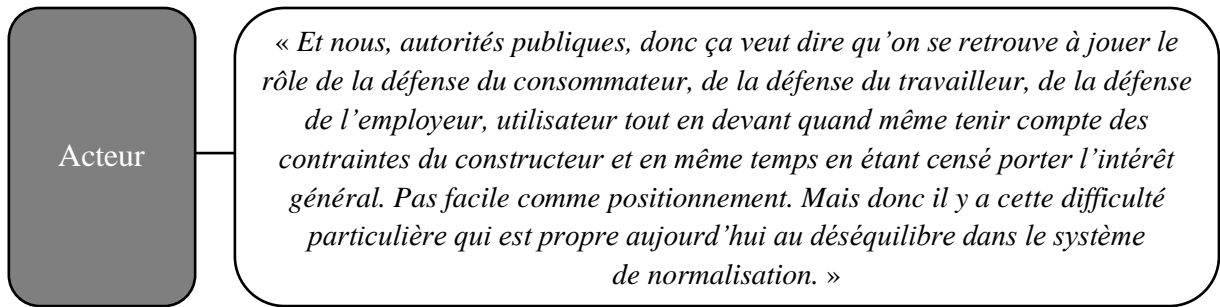
Pour les normes applicables à la conception des pulvérisateurs, les autorités publiques représentent en moyenne un peu plus de 20% des acteurs présents dans les commissions de normalisation (cf. Tableau 45).

Référence de la norme	Nombre total d'acteurs participant à la commission	Autorités publiques	
		Nombre	%
EN ISO 4254-1	23	5	21,7
EN ISO 4254-6	32	8	25
EN ISO 15695-1	40	8	20
EN ISO 15695-2	39	7	17,9
EN ISO 16119-1	27	6	22,2
EN ISO 16119-3	27	6	22,2

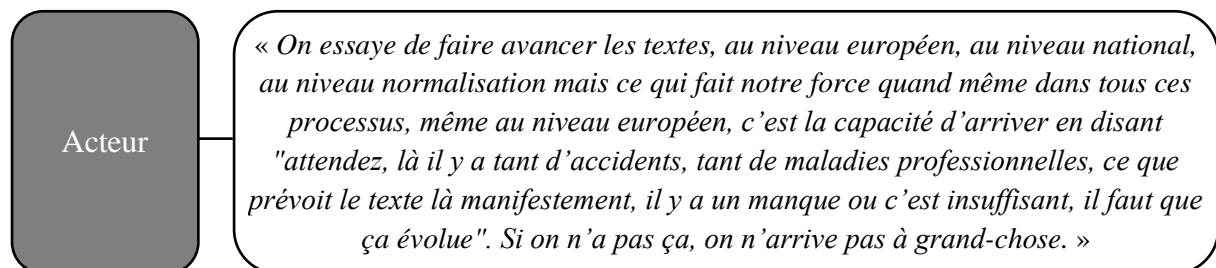
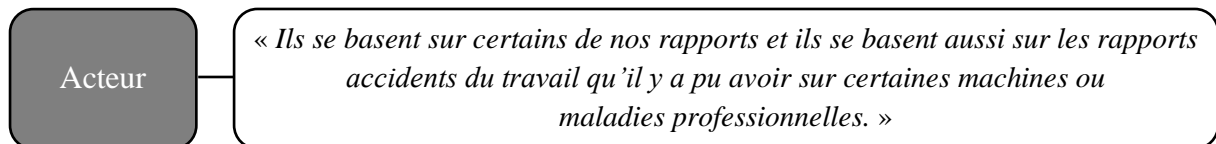
Tableau 45 – Quantification de la présence des autorités publiques dans les commissions de normalisation

De par leur statut, les autorités publiques ont pour rôle d'incarner la défense de l'intérêt général au cours de l'élaboration des normes techniques. Néanmoins, leur positionnement est source de difficultés, en raison de la diversité des attentes particulières qu'elles peuvent avoir à relayer.

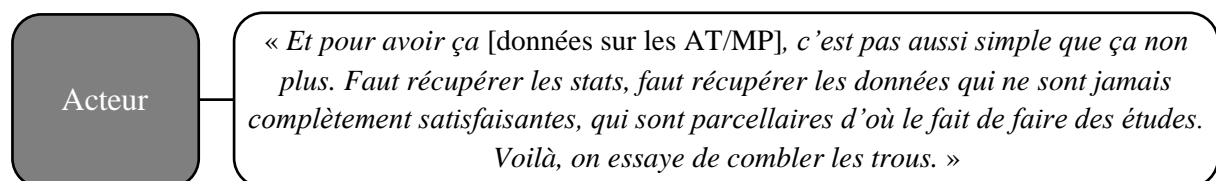




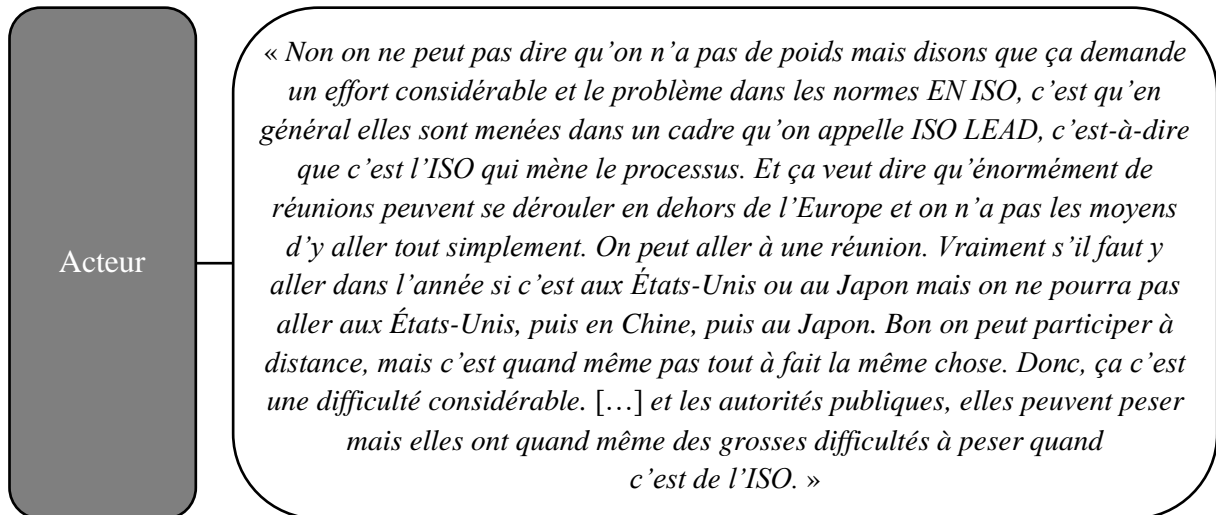
En matière d'exigences relatives à la santé et à la sécurité, les autorités publiques jouent un rôle important pour l'établissement des normes techniques. En effet, ce sont principalement elles qui permettent de faire remonter des informations quant aux maladies professionnelles et aux accidents du travail liés à l'utilisation des machines. Les rapports produits devraient avoir un impact effectif sur le processus de rédaction et de négociation de la norme.



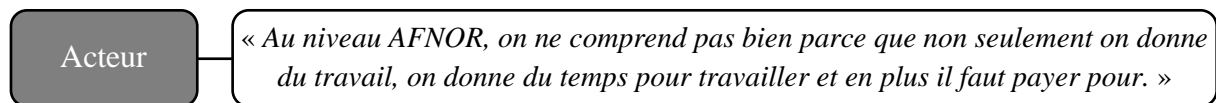
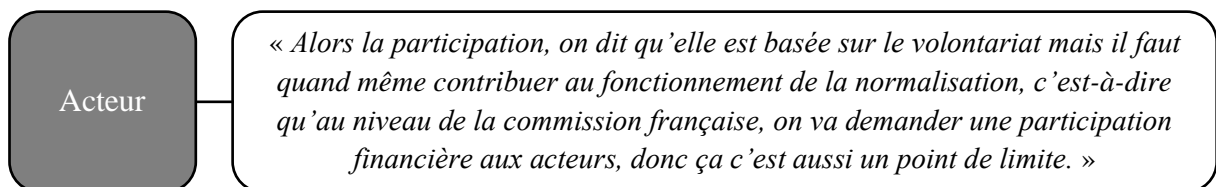
Néanmoins, la production et la récolte de ces données ne sont pas toujours évidentes, ce qui complexifie l'intégration des enjeux de santé et de sécurité au sein des spécifications techniques.



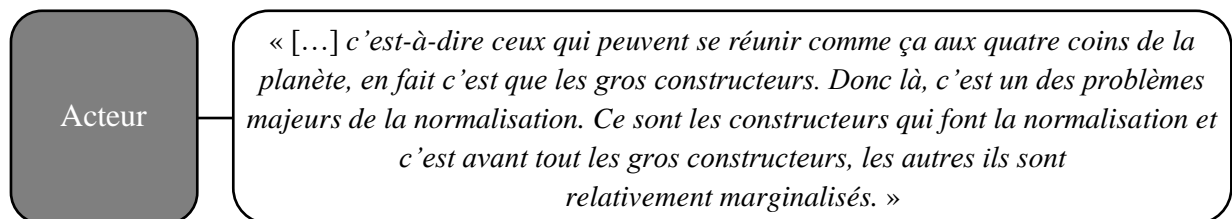
Du fait de la dimension internationale de la normalisation, la participation des autorités publiques n'est pas toujours assurée à l'instar des limites relatives à la participation des agriculteurs. En effet, les réunions ont principalement lieu à l'étranger, ce qui demande de réaliser des déplacements alors coûteux en temps et en argent. Il n'est donc pas possible pour les autorités publiques de participer à toutes les réunions organisées, ce qui diminue leur influence dans les processus de choix et de décision.



Au-delà des moyens et des ressources nécessaires pour assister aux réunions, la participation est payante, ce qui constitue une limite supplémentaire.



Les parties prenantes en mesure d'avoir les moyens financiers suffisants pour participer à l'élaboration des normes techniques sont avant tout les acteurs privés, à savoir les industriels et plus spécifiquement les gros constructeurs.



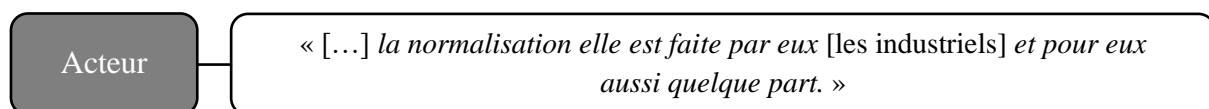
#### 12.3.1.6. Une place importante occupée par les industriels

Pour les normes applicables à la conception des pulvérisateurs, les industriels occupent une place majoritaire dans les commissions de normalisation puisqu'ils représentent en moyenne plus de 50% des acteurs (cf. Tableau 46, p. 294).

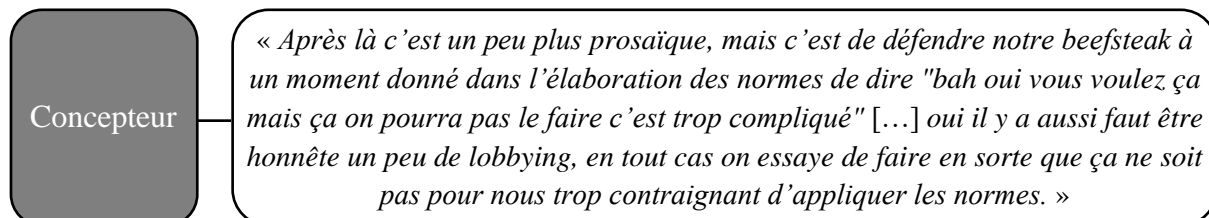
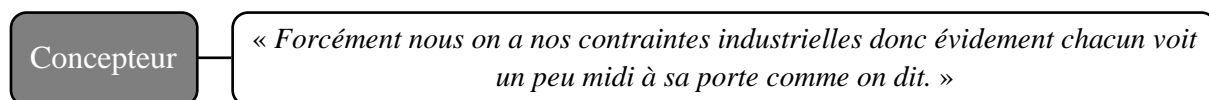
Référence de la norme	Nombre total d'acteurs participant à la commission	Industriels	
		Nombre	%
EN ISO 4254-1	23	11	47,8
EN ISO 4254-6	32	21	65,6
EN ISO 15695-1	40	25	62,5
EN ISO 15695-2	39	24	61,5
EN ISO 16119-1	27	16	59,2
EN ISO 16119-3	27	16	59,2

Tableau 46 – Quantification de la présence des industriels dans les commissions de normalisation

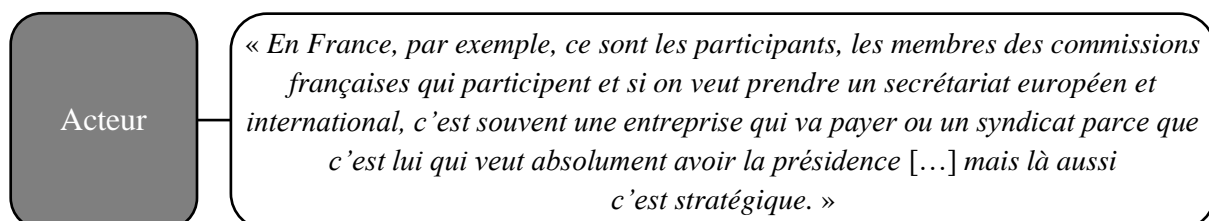
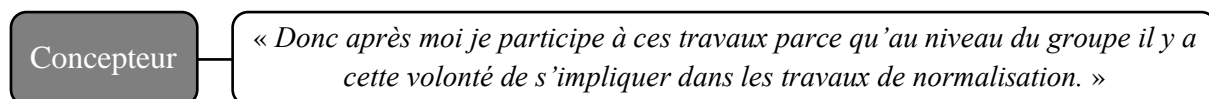
Du fait de cette majorité, l'élaboration de la réglementation relève plus d'une logique d'autoréglementation. En effet, les industriels influent de manière décisive sur la rédaction des normes dont ils sont les destinataires dans leur activité de conception.



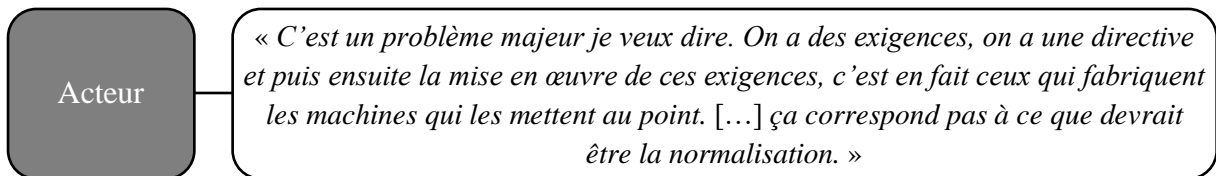
Ce phénomène permet aux fabricants de faire valoir leurs propres intérêts afin de faciliter leur activité par la suite. En effet, cela représente une occasion d'anticiper et d'éviter les difficultés qu'ils pourraient rencontrer à appliquer certaines spécifications techniques.



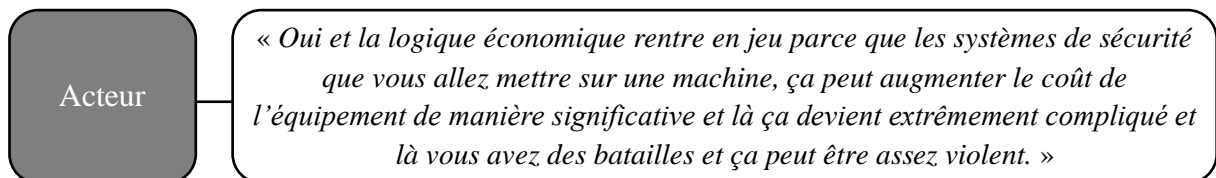
Dans ce contexte, les fabricants vont mettre en place des stratégies de façon à s'imposer dans les commissions de normalisation. Ils vont par exemple prendre le secrétariat ou la présidence de certaines commissions.



Ce phénomène d'autoréglementation participe au déséquilibre de la discussion normative où les intérêts économiques ont tendance à être privilégiés. Cela ne permet pas de prioriser les enjeux de santé et de sécurité pourtant exigés par la [directive 2006/42/CE](#).



La mise en balance des intérêts économiques et des impératifs de santé et de sécurité n'est donc pas toujours assurée. Si les spécifications techniques envisagées pour répondre à des objectifs de sécurité impliquent des coûts supplémentaires en conception, alors l'atteinte du consensus peut être d'autant plus complexe.



Compte tenu de la place occupée par les industriels au sein des commissions de normalisation, les enjeux liés au processus de conception des pulvérisateurs – à savoir les délais, les coûts et la technique – ont tendance à être privilégiés au détriment de critères visant à protéger la santé et à assurer la sécurité. De ce fait, l'élaboration des spécifications techniques relève d'un éloignement à l'égard de l'activité des agriculteurs.

#### 12.3.1.7. Un éloignement des conditions réelles de travail

Les spécifications techniques ne sont pas le produit d'analyses de l'activité des agriculteurs, mais relèvent de choix intervenus à un moment donné et qui peuvent s'avérer aujourd'hui obsolètes quant aux besoins réels des agriculteurs. En raison de l'absence de techniques d'analyse, les spécifications techniques ont tendance à être transposées d'une norme à l'autre sans pour autant questionner les processus de choix et de décision à l'origine de ces spécifications. Par exemple, les normes internationales reprennent généralement les spécifications techniques déjà existantes au sein des normes nationales.

Acteur

« Là on est sur des aspects qui sont un héritage je pense aussi [...] à la fois la hauteur du trou d'homme et le diamètre, c'est quelque part des conventions qui ont été adoptées à un moment donné parce qu'ils ont du faire un petit inventaire de ce qu'il y avait sur le terrain et puis de se dire "bah ça c'est bien mais au-delà de cette valeur il faut un marchepied parce que ça devient plus compliqué avec les sacs, les bidons de produit, d'incorporer dans de bonnes conditions où il faut un diamètre effectivement de tant à minima sinon ça marche moins bien". Voilà à un moment donné, ils ont fixé une limite, pourquoi 300 mm ? pourquoi pas 320 mm ou 325 ou 295, là je t'avouerais que c'est l'histoire qui probablement explique ça. Il faut voir aussi que dans un certain nombre de normes internationales il y a des choses qui ont été reprises plus ou moins textuellement de normes nationales qui existaient. Donc pour peu que les Allemands avaient déjà une norme DIN qui dit "voilà pour les appareils de traitement il faut un diamètre de minimum 300" bah l'ISO, le groupe de travail a dit "bah oui c'est pas déconnant 300, on prend 300". »

Pour autant, les situations de travail évoluent ainsi que les contextes d'usage. L'éloignement des situations réelles de travail ne permet pas aux acteurs de tenir compte de la complexité de ces situations et des besoins des agriculteurs.

Acteur

« Après qu'on ait un problème, vous savez c'est comme en politique, c'est qu'à un moment donné après ils deviennent spécialistes de la normalisation et donc plus ils passent du temps sur la norme et plus ils s'éloignent du terrain et là effectivement, on a un vrai problème parce qu'à un moment donné ils vont parler de choses qu'ils ne connaissent plus. Dans la réalité, ils ont quitté la réalité il y a un paquet d'années et les choses ont bougé et ils ne le savent pas. »

Afin de s'assurer d'être en conformité avec les exigences de performance des spécifications techniques, les fabricants ont recours à de nombreuses normes proposant des méthodes d'essai. Néanmoins, l'élaboration de ces méthodes relève également d'un éloignement des conditions réelles de travail, ce qui ne permet pas de tenir compte de la complexité des situations.

Acteur

« Inventer un test, on sait pas toujours tout tester donc on va définir drastiquement les conditions initiales pour pouvoir procéder au test, en définissant les conditions initiales on s'écarte beaucoup, enfin plus ou moins des problèmes réels. Et du coup on risque d'avoir un test où en fait on n'a pas la protection contre tel ou tel élément dans telle ou telle situation parce que le test ne permet pas du tout de prendre ça en compte. »

En raison du phénomène d'autoréglementation, ce sont donc principalement les industriels qui sont amenés à définir les conditions de réalisation de ces méthodes et à juger de leur efficacité.

Acteur

« [...] c'est encore une fois l'ensemble de l'assemblée qui va juger si ces tests sont suffisamment pertinents et robustes scientifiquement pour pouvoir être validés collégialement et être mis dans la norme. Et effectivement, après, il peut y avoir des demandes complémentaires, d'autres essais à faire, c'est toute la difficulté puisqu'après il y a aussi des lobbies entre différents pays parce que ça peut être des centres d'un pays qui ont fait ces essais qui sont méconnus par d'autres, qui sont soutenus par d'autres industriels [...] c'est vraiment toute la difficulté des normes effectivement. »

L'éloignement à l'égard des conditions réelles de travail peut être illustré avec la norme [NF ISO 5682-4](#)<sup>221</sup>. Non harmonisée, mais essentielle pour les concepteurs afin d'atteindre les exigences de la norme [EN ISO 16119-3](#), cette norme prévoit des méthodes d'essai du système d'agitation des cuves des pulvérisateurs. Les laps de temps préconisés pour vérifier la qualité d'agitation peuvent être questionnés au regard des conditions réelles de travail des agriculteurs. En effet, ces derniers ont en réalité besoin de plus de temps pour éviter la formation de dépôt au fond de la cuve.

Concepteur

« C'est vrai que la méthode d'essai, elle doit aussi quelque part être questionnée parce qu'en fait elle est, elle doit finalement traduire l'utilisation habituelle [...] dans ce protocole on doit préparer une solution avec un matériau d'essai, on fait des mesures en fait de concentration dans la cuve à différentes hauteurs dans la cuve, ensuite on laisse reposer pendant 16 heures, on fait fonctionner le système d'agitation pendant 10 minutes, on refait des prélèvements à différentes hauteurs et on pulvérise la bouillie contenue dans la cuve et on prélève des échantillons en sortie de buses [...]. Donc par exemple on peut questionner les 16h, pourquoi 16h ? Et pourquoi aussi seulement 10 minutes ? Parce que [...] quand on parlait par exemple de remontées utilisateurs, j'ai toujours dit aux gens mais pourquoi 10 minutes ? 10 minutes d'abord ça pourrait très bien être le constructeur qui dit "bah non moi c'est 20 minutes" et en fait [...] par exemple ça peut lui arriver effectivement que son appareil tombe en panne. Il y a de la bouillie dedans, la bouillie, si c'est une bouillie avec un produit qui est en suspension, il va y avoir un dépôt, quand il va vouloir redémarrer, il va devoir remettre ça en suspension. Mais je le dis aux gens "il ne va pas attendre 10 minutes, il va faire tourner au moins pendant une demi-heure". [...] mais voilà on peut aussi questionner la méthode d'essai. »

<sup>221</sup> NF ISO 5682-4 : 2021 Matériel de protection des cultures – Matériel de pulvérisation – Partie 4 : Méthodes d'essai du système d'agitation des cuves du pulvérisateur.

Les conditions de réalisation des méthodes d'essai ont tendance à être éloignées de celles des situations réelles de travail. C'est également le cas pour la norme [EN 15695-1](#) qui préconise des conditions ambiantes spécifiques pour réaliser l'essai du système d'alimentation en air extérieur pour la cabine.

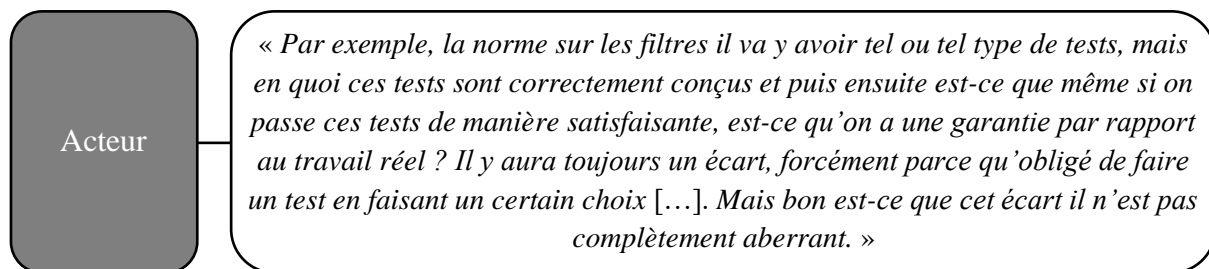
« Les conditions ambiantes pour cet essai doivent être :

- Température au thermomètre sec minimal :  $25 \pm 10^{\circ}\text{C}$
- Vitesse maximale de l'air par rapport à la machine, de l'avant à l'arrière :  $5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  »<sup>222</sup>

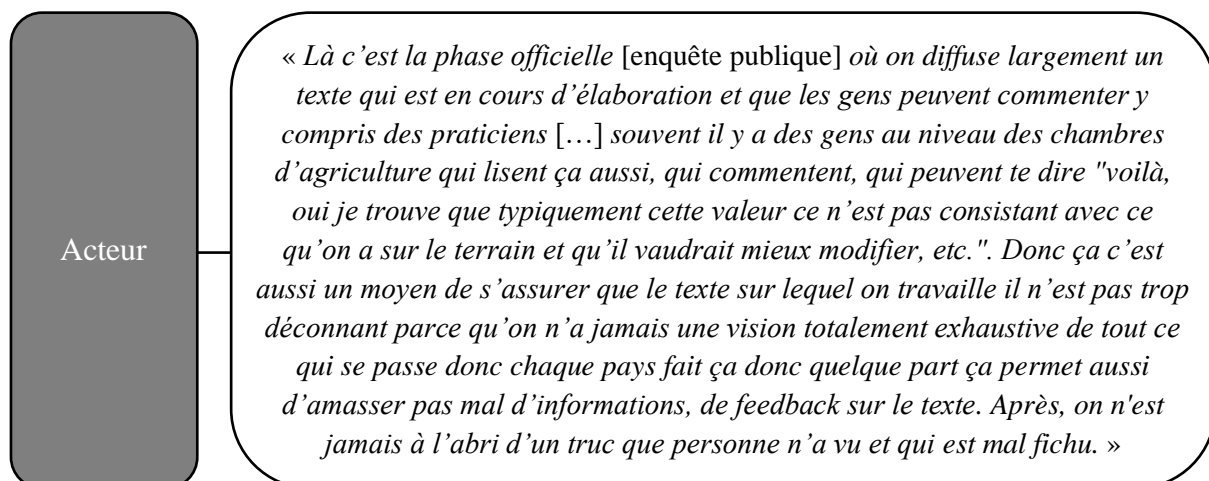
« La cabine est placée à l'intérieur d'un hall d'essai clos où les sources d'aérosol sont limitées au maximum autorisé. Les sources d'aérosol du hall d'essai doivent être minimisées, en prévoyant :

- Des surfaces propres
- Un hall étanche
- Une circulation du personnel limitée aux stricts besoins de l'essai. »<sup>223</sup>

Le manque de confrontation au réel ne permet pas de juger de l'efficacité des tests.



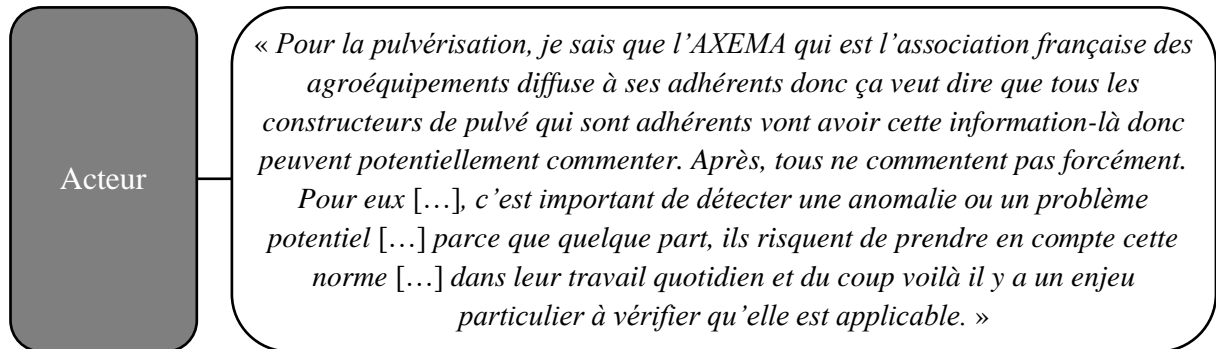
Même si l'enquête publique permet d'obtenir des retours quant à l'adéquation de la norme avec les situations de travail, ceux-ci sont tardifs et ne font pas l'objet d'une confrontation aux conditions réelles de travail.



<sup>222</sup> Ann. A Essai du système d'alimentation en air extérieur, part. A.3. Conditions ambiantes de la norme EN ISO 15695-1.

<sup>223</sup> Ann. A Essai du système d'alimentation en air extérieur, part. A.3. Conditions ambiantes de la norme EN ISO 15695-1.

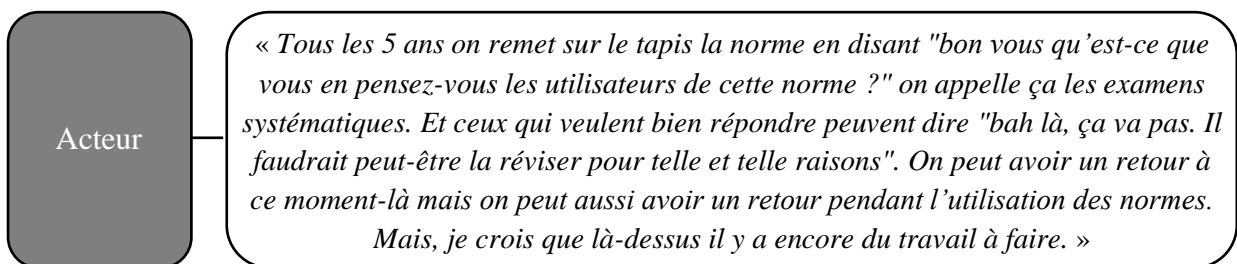
Quand bien même des acteurs appartenant, par exemple, aux chambres d'agriculture participeraient à l'enquête publique, ce sont majoritairement les fabricants qui font des retours, ce qui accentue le phénomène d'autoréglementation. De ce fait, les retours effectués sont empreints de leurs propres intérêts, possiblement au détriment de la protection de la santé et de la sécurité.



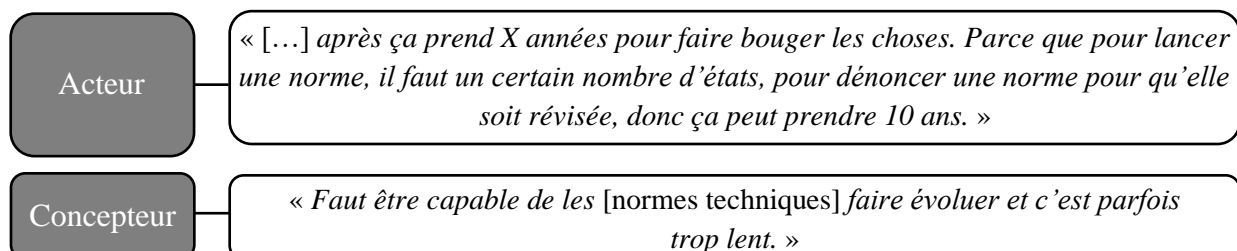
Même s'il est possible de modifier la norme en raison de lacunes identifiées à l'égard des besoins réels des agriculteurs, les révisions souhaitées manquent de réactivité.

#### 12.3.1.8. Des révisions qui manquent de réactivité

Les normes techniques sont révisées tous les cinq ans dans le cadre d'examens systématiques afin de définir si elles doivent être maintenues, modifiées ou retirées au regard des retours terrain qui ont pu être réalisés. Cela représente un moyen de s'adapter aux besoins réels des agriculteurs, mais les retours ne sont pas nombreux.



Au-delà des révisions prévues tous les cinq ans, des normes techniques peuvent être jugées lacunaires par la Commission européenne. Néanmoins, procéder à leur modification prend du temps ce qui ne permet pas de s'adapter rapidement aux besoins.





De plus, si des modifications sont réalisées, alors celles-ci doivent permettre une amélioration de la norme. Toutefois, cela demande une charge de travail importante compte tenu des difficultés associées à la rencontre des divers intérêts en jeu et à la formation d'un consensus. Cela demande de réaliser des nouvelles études et d'organiser de nouvelles réunions.

Acteur

*« Et parallèlement, il faut quand même négocier la nouvelle norme pour qu'elle soit meilleure que l'ancienne. Ça demande beaucoup de travail. C'est beaucoup, enfin c'est un gros investissement en termes de charge de travail. »*

Et, les modifications réalisées sont d'autant plus difficiles en raison du phénomène d'autoréférencement. En effet, cela demande des révisions en chaîne pour l'ensemble des normes techniques concernées par ce phénomène.

Acteur

*« [...] quand on révisé une norme [...] on voit tous les renvois que ça peut faire. Donc c'est évident qu'on bouge un curseur sur une et il y a des réactions en chaîne qui se font et que du coup c'est effectivement tout un enchevêtrement de choses. Et qu'on ne peut pas se limiter souvent qu'à une seule norme. »*

À l'échelle européenne, la révision actuelle de la [directive 2006/42/CE](#) est également source de difficultés pour les acteurs en charge de privilégier les enjeux de santé et de sécurité. En effet, il est souhaité d'envisager la modification de certaines exigences essentielles, et ce, concernant principalement les risques de contamination en rendant obligatoire la présence d'une cabine lors de la pulvérisation.

Acteur

*« [...] on essaye de profiter de la révision de la directive machines qui est en cours [...] il y a toute une phase de pré discussion entre les états membres, les parties prenantes de l'industrie, les syndicats qui à ce stade font des propositions sur une certaine modification de la directive machines. Et donc on porte dans ce cadre-là un certain nombre de points sachant que le truc est assez cadré et que la Commission a d'ores et déjà déclaré qu'il n'y aurait pas de grand changement mais peut-être modifier certaines exigences s'il y a besoin. Ça sert à rien de faire des grands projets parce qu'on sait que ça passera pas. L'un des points qu'on voudrait c'est écrire de manière beaucoup plus claire dans la directive, notamment dans la partie 3 de l'annexe I sur les machines mobiles, donc dans le 3.5.3 qui concerne le risque chimique, qu'il y ait une modification pour intégrer l'obligation de prévoir une cabine [...] c'est pas si facile que ça, on essaye [...] d'agir sur les différents leviers en profitant des occasions. Là il y a une occasion, on essaye de pousser ce point-là. Est-ce qu'on y arrivera ? C'est difficile à savoir [...]. »*

En raison de ces difficultés, il convient désormais de s'intéresser à la place accordée aux intérêts économiques à l'échelle européenne pour la conception des pulvérisateurs, leur mise sur le marché et les contrôles effectués à leur égard dans le cadre de la surveillance du marché.

### 12.3.2. Une logique économique dominante au sein de l'Union européenne

#### 12.3.2.1. La mise en balance des intérêts économiques et des intérêts visant à protéger la santé humaine

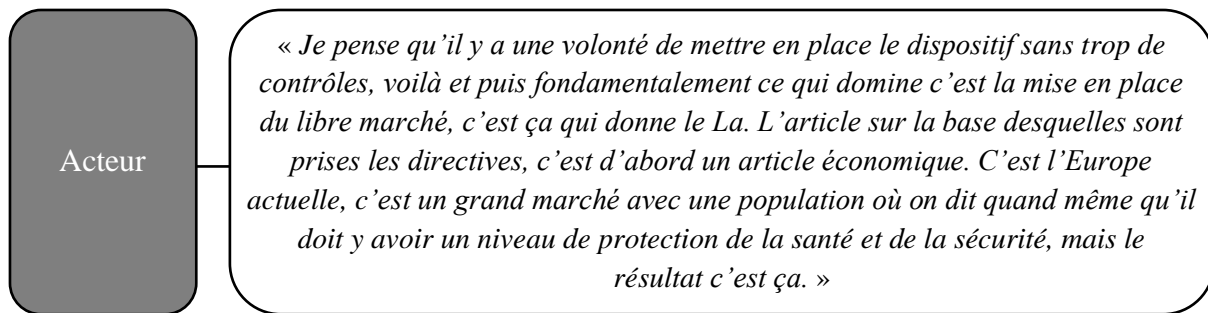
Malgré une volonté certaine d'imposer des exigences de santé et de sécurité à la conception des machines, la [directive 2006/42/CE](#) ne fait pas mention de la [directive 89/391/CE](#) – pourtant incontournable dans le domaine de l'amélioration de la santé et de la sécurité des travailleurs. Ce constat alimente les interrogations portées sur ces directives et sur un potentiel manque d'homogénéité, également observable au sein d'une même directive. C'est le cas de la [directive 2006/42/CE](#) qui s'inscrit dans une double logique. Alors qu'elle vise à assurer une protection élevée des utilisateurs en imposant aux fabricants d'intégrer dans la conception des exigences de santé et de sécurité, elle semble bien vite rattrapée par la logique économique qui a justifié son adoption. En effet, compte tenu des enjeux de commercialisation liés à la « *nouvelle approche* », cette directive prévoit expressément la prise en compte des impératifs techniques et économiques.

*Les exigences essentielles de santé et de sécurité devraient être respectées afin d'assurer que les machines sont sûres. Ces exigences devraient être appliquées avec discernement afin de tenir compte de l'état de la technique lors de la construction ainsi que des impératifs techniques et économiques. »<sup>224</sup>*

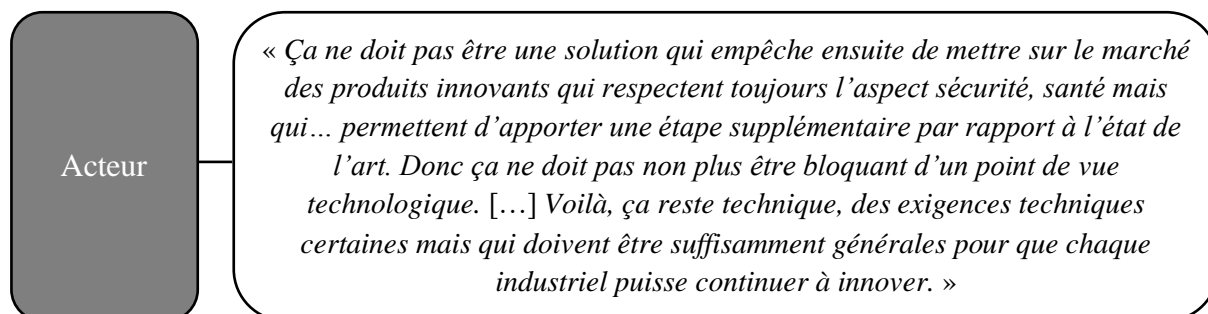
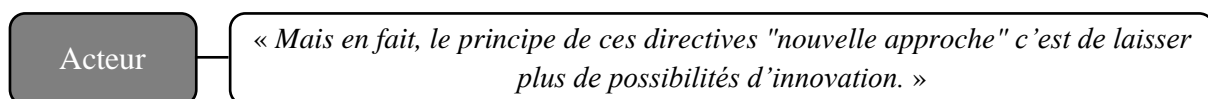
Acteur

« *Quand on regarde la directive elle-même, les articles de la directive c'est essentiellement une logique économique. On dit que pour mettre sur le marché, on renvoie à une annexe I sur les exigences essentielles. Tout le processus de la directive elle-même, c'est la mise sur le marché, la surveillance du marché, les sanctions, etc. c'est comme ça que c'est organisé et ça montre bien la logique dominante qui est économique. »*

<sup>224</sup> Consid. 14 de la directive 2006/42/CE.



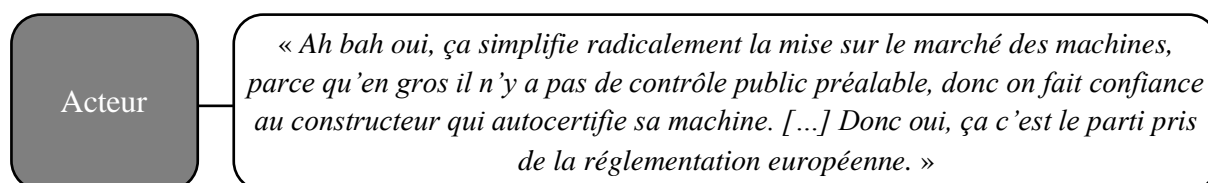
Au regard de la place accordée aux intérêts économiques, la « nouvelle approche » doit permettre aux fabricants de concevoir des machines répondant aux enjeux d'innovation. En effet, les exigences essentielles des directives et les spécifications techniques des normes harmonisées ne doivent pas aller à l'encontre de ces enjeux.



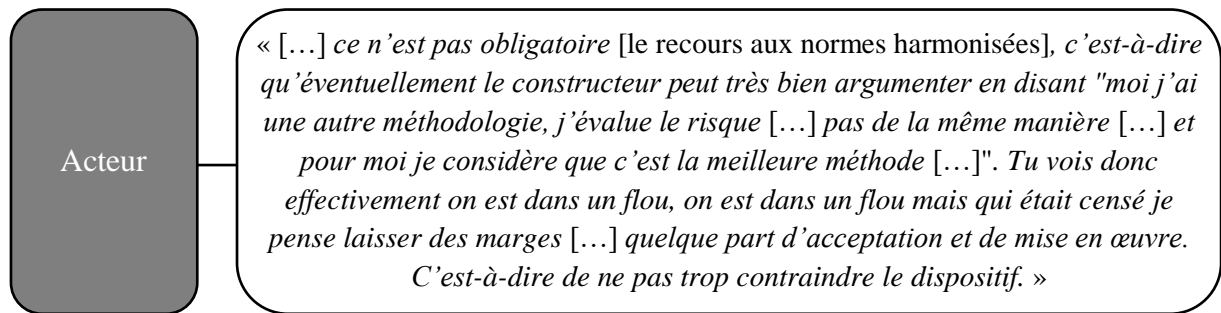
Compte tenu de ces différents constats, la conciliation entre le principe de libre circulation des marchandises et la protection de la santé et de la sécurité au travail n'est pas évidente. Cette interrogation est d'autant plus vraie que les pulvérisateurs relèvent du principe d'autocertification.

#### 12.3.2.2. Le principe d'autocertification

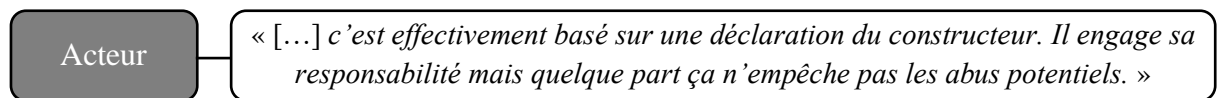
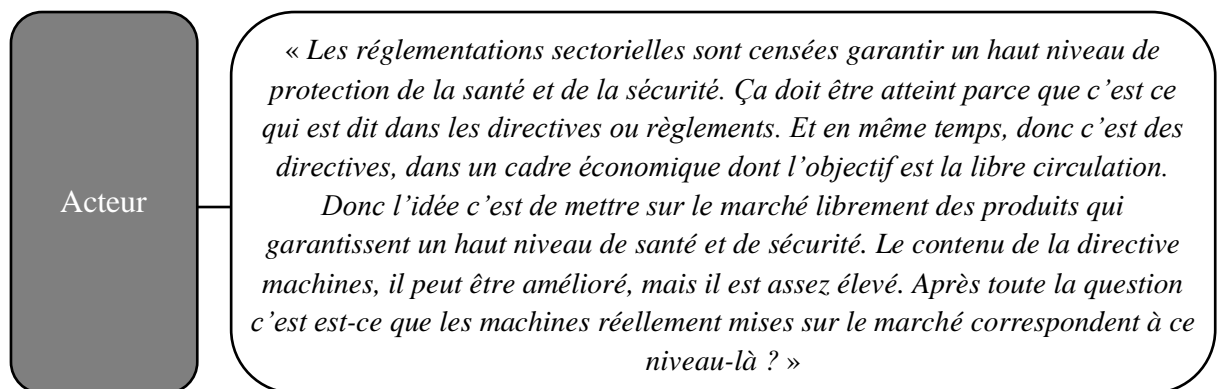
La place accordée aux intérêts économiques s'accroît en raison du choix de considérer les pulvérisateurs comme des machines non dangereuses dont la conception est alors soumise au seul contrôle interne du fabricant. En effet, ce sont les industriels qui attestent par eux-mêmes de la conformité des machines. En ce sens, la mise sur le marché des pulvérisateurs est simplifiée, ce qui avantage leur libre circulation au sein de l'Union européenne.



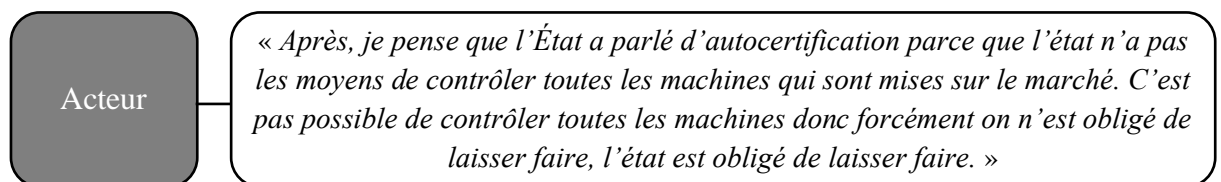
Pour rappel, afin d'être conformes à la [directive 2006/42/CE](#), les fabricants ont le choix entre respecter les spécifications techniques des normes harmonisées ou définir par eux-mêmes des moyens de répondre aux objectifs de cette directive. Même si cette deuxième option permet de ne pas contraindre les processus de conception et de mise sur le marché, elle présente des limites puisqu'aucun contrôle n'est réalisé dans le cadre de l'autocertification.



Bien que la directive machines prévoie des exigences essentielles en matière de santé et de sécurité, il convient de s'interroger si le principe d'autocertification n'est pas à l'origine de machines dont la conception laisse à désirer du point de vue de l'intégration de ces exigences.



Aux intérêts économiques privilégiés dans le cadre du principe d'autocertification s'ajoute l'incapacité potentielle des États membres de contrôler toutes les machines avant leur mise sur le marché.



Cette incapacité à réaliser des contrôles est aussi vraie dans le cadre de la surveillance du marché.

Concepteur

« Là c'est vrai que l'autocertification, on n'est pas à un niveau très élevé en termes de processus de contrôle et de suivi. »

De ce fait, l'application incorrecte des exigences lors de l'autocertification peut être renforcée par une surveillance inefficace du marché qui n'incite guère les fabricants à faire plus que le minimum.

### 12.3.2.3. Une surveillance du marché insuffisante

Aujourd'hui encadrée par le [règlement \(UE\) 2019/1020](#), la surveillance du marché doit permettre de vérifier la conformité des machines aux exigences essentielles de la [directive 2006/42/CE](#).

« Les États membres prennent toutes les mesures utiles pour que les machines ne puissent être mises sur le marché et/ou mises en service que si elles satisfont aux dispositions de la présente directive qui les concernent et ne compromettent pas la santé et la sécurité des personnes et, le cas échéant, des animaux domestiques ou des biens, lorsqu'elles sont installées et entretenues convenablement et utilisées conformément à leur destination ou dans des conditions raisonnablement prévisibles. »<sup>225</sup>

Les contrôles réalisés pour vérifier la conformité des pulvérisateurs aux exigences de la directive machines sont très peu nombreux. Par exemple, le fabricant A n'a jamais connu de contrôles sur ses machines.

Concepteur

« Mais bon aujourd'hui, on n'a jamais été contrôlé, ça ne s'est jamais produit en fait. On n'a jamais eu de contrôle, en tout cas pas à ma connaissance. »

Concepteur

« En fait, après c'est vraiment la responsabilité du constructeur parce que malgré tout [...] on s'engage, on délivre un certificat de conformité. Bon si jamais il se passe quelque chose ensuite, on n'engage quand même notre responsabilité donc [...] on ne peut pas faire n'importe quoi mais bon c'est vrai qu'il n'y a pas un processus de contrôle très strict et très exigeant, ça c'est certain. »

Si des contrôles sont effectués alors ceux-ci sont majoritairement réalisés à l'occasion de salons. En effet, les inspecteurs du travail profitent de ces occasions pour vérifier la conformité des machines exposées sur les stands.

Concepteur

« Après, il nous est arrivé que sur des salons, il y a par exemple des personnels de l'inspection du travail qui voilà sont spécialisés sur la sécurité des machines qui passent sur les stands. »

<sup>225</sup> Art. 4 de la directive 2006/42/CE.

Acteur

« Donc là du coup est organisé des contrôles sur les salons, notamment le Vinitech par exemple à Bordeaux. Voilà, qui est fait juste par quelques agents de contrôle. Donc ça, c'est la surveillance du marché, c'est la seule action grosso modo sur la surveillance du marché. »

Toutefois, ces contrôles ne permettent pas de tenir compte des conditions réelles d'usage des machines agricoles. En effet, les machines sont immobiles et isolées de leur contexte habituel d'utilisation. Dans ces conditions, il paraît difficile de vérifier le respect des exigences essentielles, même si cela représente une occasion pour les inspecteurs du travail de détecter des anomalies.

Acteur

« [...] c'était notamment un des rôles, pendant le SIMA, le salon du matériel, où il y avait un jour de prévisite [...]. Et ça pouvait être l'occasion aussi de détecter des soucis avant l'ouverture officielle du salon en disant "non non mettez un capot là" enfin voilà pour faire en sorte que la machine apparaisse comme conforme ou voir qu'elle soit retirée du stand s'il n'y a pas moyen de faire autrement. Mais ça c'est finalement assez rare. »

Lorsque des anomalies sont détectées, il est en réalité possible pour les fabricants d'exposer des machines qui ne satisfont pas à l'intégralité des exigences essentielles, ce qui constitue une limite supplémentaire.

« À l'occasion notamment des foires, des expositions et des manifestations similaires, il devrait être possible d'exposer des machines, qui ne satisfont pas aux exigences de la présente directive. Toutefois, les intéressés devraient être informés de façon adéquate de cette non-conformité et de l'impossibilité d'acquiescer lesdites machines en l'état. »<sup>226</sup>

Globalement, les contrôles s'avèrent insuffisants en raison d'un manque de moyens et d'effectifs.

Acteur

« Il y a une insuffisance de la surveillance du marché. La directive dit clairement que les États membres doivent surveiller le marché, dans les faits les États membres ne s'en donnent pas suffisamment les moyens et la Commission ne fait pas suffisamment de pression pour que ça se fasse. »

Acteur

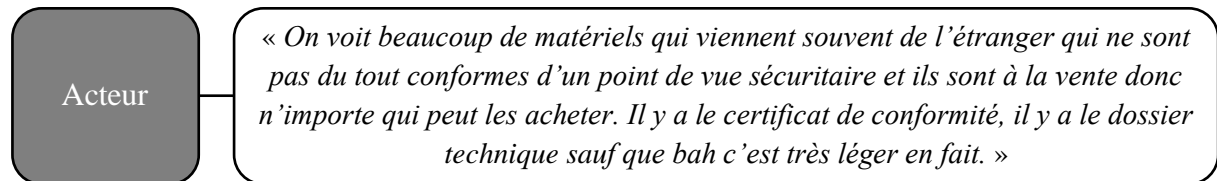
« [...] je ne connais pas forcément tous les États, mais en gros tout le monde fait le constat qu'il n'y a pas assez de surveillance du marché. Ça demande des effectifs, des contrôles et il y a un nombre de produits très importants. »

Acteur

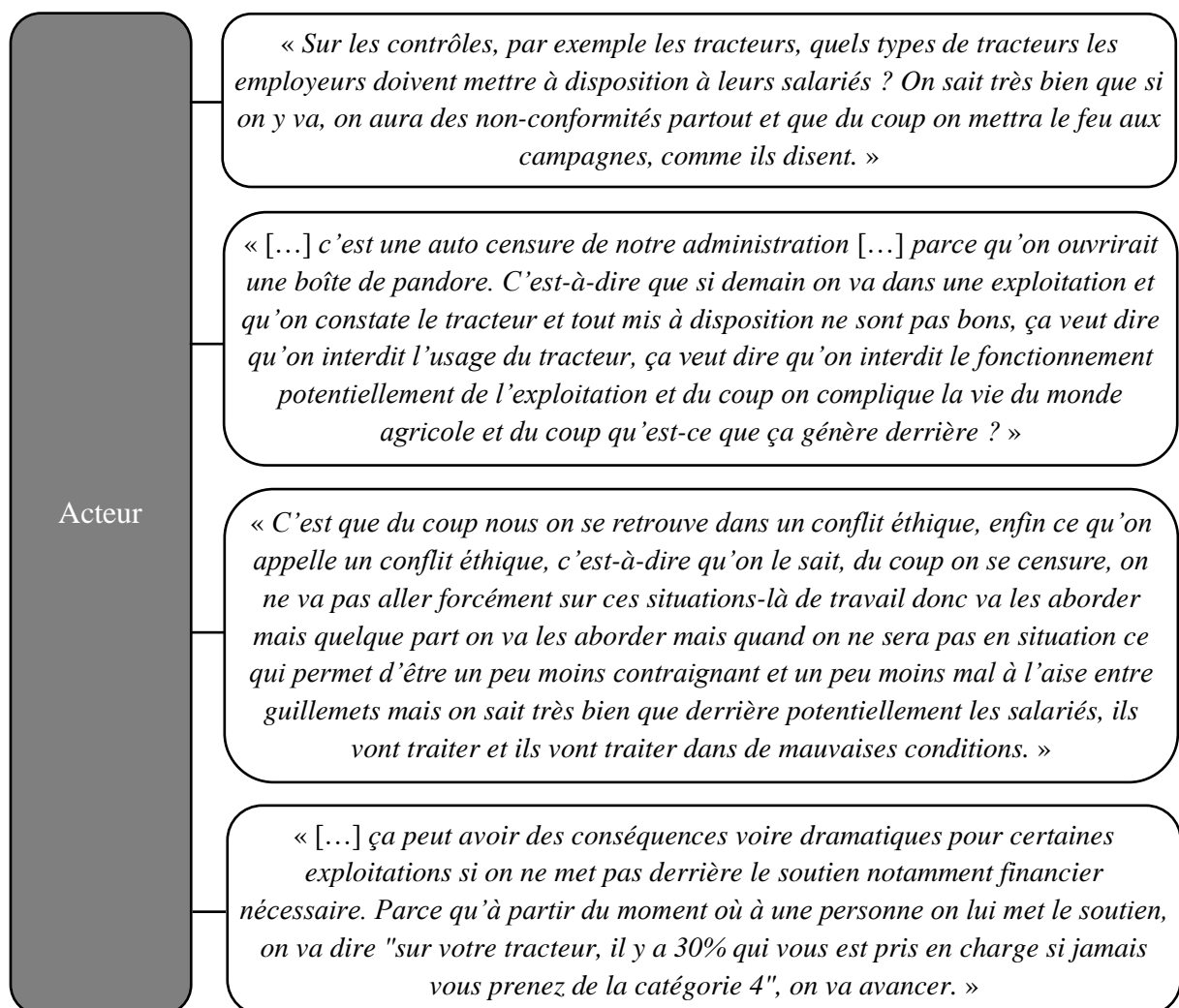
« La manière dont le système fonctionne c'est qu'on aboutit in fine à des effectifs de surveillance du marché qui sont quand même très insuffisants. »

<sup>226</sup> Consid. 17 de la directive 2006/42/CE.

Au sein de l'Union européenne, le dispositif d'harmonisation permet aux concepteurs de se protéger de l'entrée de concurrents sur le marché européen. Néanmoins, l'insuffisance de surveillance du marché amoindrit cette protection. En effet, pour certaines machines venant de l'étranger, il est possible d'identifier un manque de conformité aux exigences essentielles européennes.



Au-delà du manque de moyens et d'effectifs, l'insuffisance de surveillance du marché peut relever d'une volonté de la part du gouvernement, par exemple concernant le contrôle des catégories de cabine pour les tracteurs utilisés lors des traitements. En effet, même si les non-conformités sont connues, cela reviendrait à interdire l'utilisation de nombreuses machines, ce qui risquerait d'entraîner des difficultés importantes.



En somme, l'insuffisance de surveillance du marché relève d'un manque de priorisation des enjeux visant à protéger la santé et à assurer la sécurité des agriculteurs lors de l'utilisation des pulvérisateurs.

## 12.4. Conclusion : réponse à la quatrième hypothèse

Cette quatrième partie de résultats permet de répondre à la quatrième hypothèse formulée précédemment. Pour rappel, l'hypothèse est la suivante :

H4

Le contexte réglementaire relatif à la conception des pulvérisateurs relèverait d'une diversité d'enjeux et d'intérêts parfois contradictoires. Dans ce contexte, les enjeux de santé et de sécurité au travail ne seraient pas priorités, ce qui impacterait à terme les activités de traitement.

### 12.4.1. Une discussion normative déséquilibrée

Nonobstant la volonté d'associer sur un pied d'égalité l'ensemble des parties intéressées pour assurer un consensus<sup>227</sup>, l'analyse de la constitution des commissions de normalisation soulève un déséquilibre quant aux acteurs impliqués. En effet, les commissions formées pour l'établissement des normes techniques applicables à la conception des pulvérisateurs sont majoritairement occupées par des industriels. Les utilisateurs – à savoir les agriculteurs – ne sont pas présents dans ces commissions. De ce fait, leurs besoins et leurs intérêts relèvent d'un manque de représentativité, d'autant plus que l'ergonomie n'occupe qu'une place réduite dans l'élaboration de ces normes. Les intérêts des utilisateurs sont alors en grande partie représentés par les autorités publiques telles que le MAA et la MSA. Néanmoins, l'implication de ces acteurs est source de difficultés en raison des moyens économiques que cela nécessite. En effet, la participation requiert une contribution financière à laquelle s'ajoutent des frais liés aux déplacements à réaliser pour se réunir, et ce, généralement à l'étranger. Les acteurs en mesure de garantir ces dépenses sont donc principalement des industriels, alors éloignés des situations réelles de travail des agriculteurs et porteurs de leurs propres intérêts. En somme, la normalisation relève d'un phénomène d'autoréglementation où les intérêts des fabricants sont avantagés au détriment des intérêts visant à protéger la santé humaine et à assurer la sécurité.

<sup>227</sup> Consid. 8 de la directive 2009/127/CE.



Ce déséquilibre est accentué par la dimension internationale de la normalisation. En effet, les compromis réalisés pour atteindre un consensus doivent tenir compte d'intérêts parfois contradictoires entre les pays, ce qui ne favorise pas la prise en compte des impératifs de santé et de sécurité dans la conception des machines.

#### 12.4.2. Des intérêts économiques dominants à l'échelle européenne

Au-delà du phénomène d'autoréglementation, la place accordée aux intérêts économiques est accentuée par le dispositif d'harmonisation au sein de l'Union européenne. En effet, dans le cadre de la « *nouvelle approche* », il est important de favoriser la libre circulation des marchandises dans l'intégralité des États membres. Pour les pulvérisateurs, cette libre circulation est d'autant plus facilitée que leur conception et leur mise sur le marché relèvent du principe d'autocertification. En ce sens, les contrôles de conformité aux exigences essentielles de la [directive 2006/42/CE](#) ne sont faits qu'en interne par les fabricants eux-mêmes. Du point de vue de la priorisation des enjeux de santé et de sécurité, cette stratégie adoptée par l'Union européenne présente des limites. Le rapport d'évaluation de la directive produit par la Commission européenne<sup>228</sup> a mis en évidence que l'incitation à se conformer à des exigences de santé et de sécurité peut se voir réduite dans le cadre du principe d'autocertification. En effet, l'insuffisance de surveillance du marché n'encourage pas les concepteurs à faire plus que le minimum. Le principe d'autocertification s'avère alors moins efficace que l'examen CE de type, mais il permet aux fabricants de diminuer considérablement les coûts et les efforts liés à la réalisation de contrôles externes par des organismes notifiés. Dans ce contexte, les enjeux de santé et de sécurité ne sont pas priorisés.

#### 12.4.3. Les activités d'élaboration : déterminants du contenu de la réglementation

Au regard des résultats présentés au sein de chapitre, il est possible d'avancer que les contraintes qui pèsent sur les activités d'élaboration des exigences réglementaires en déterminent le contenu (*cf.* Figure 97, p. 309). Ces activités d'élaboration doivent prendre en compte une diversité d'intérêts où la logique économique est dominante, ce qui ne permet pas de prioriser les enjeux de santé et de sécurité. Compte tenu de la forte présence des industriels dans les

---

<sup>228</sup> European Commission staff working document: Evaluation of the machinery directive {SWD(2018) 161 final}.

commissions de normalisation technique, les activités de conception et leurs enjeux propres (coûts, délais, techniques, innovation) déterminent également le contenu des réglementations.

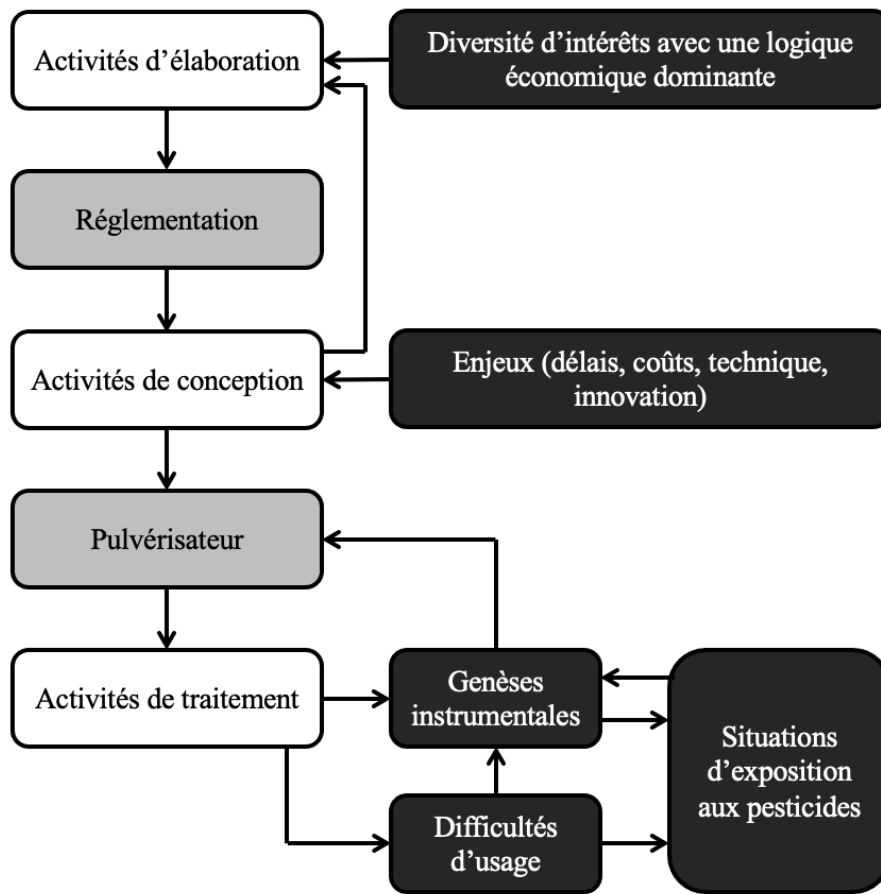


Figure 97 – Les activités d'élaboration des exigences réglementaires comme déterminant du contenu de la réglementation



## QUATRIÈME PARTIE : DISCUSSION, CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Dans le cadre de cette dernière partie, nous allons discuter les résultats de la thèse. Pour répondre aux quatre questions de recherche formulées en début de manuscrit, nous proposons quatre chapitres au sein de cette partie. Dans un premier temps, nous allons présenter l'intérêt d'identifier une chaîne de déterminants pour comprendre les situations d'exposition aux pesticides lors de l'utilisation des pulvérisateurs (Chapitre 13). Ensuite, il s'agit de rendre compte – à un niveau macro – du rôle déterminant joué par le droit dans l'apparition de ces situations (Chapitre 14). Le chapitre suivant met en évidence l'intérêt d'articuler des niveaux d'analyses microscopiques et macroscopiques ainsi que les approches ergotoxicologique et instrumentale pour mieux comprendre les situations d'exposition aux pesticides lors de l'utilisation des pulvérisateurs (Chapitre 15). Enfin, ces trois premiers chapitres de discussion nous amènent à envisager des perspectives de transformations à différentes échelles pour prévenir ces situations (Chapitre 16).

# Chapitre 13. L'identification d'une chaîne de déterminants pour comprendre les situations d'exposition aux pesticides lors de l'utilisation des pulvérisateurs

Au sein de ce chapitre, nous souhaitons apporter des éléments de réponse à la première question de recherche formulée en première partie de ce manuscrit.

Q1

En quoi l'identification d'une chaîne de déterminants est-elle pertinente pour comprendre les situations d'exposition aux pesticides des agriculteurs lors de l'utilisation des pulvérisateurs ?

Pour répondre à cette question, nous présentons une synthèse de nos résultats qui rend compte de l'intérêt d'identifier une chaîne de déterminants afin de comprendre les situations d'exposition aux pesticides lors de l'utilisation des pulvérisateurs. En effet, cette identification nous permet de révéler les influences entre les différents niveaux de déterminants (§13.1), la production d'ignorance qui s'opère à chacun de ces niveaux (§13.2) et les mondes professionnels qui en découlent (§13.3).

## 13.1. Chaîne de déterminants et influences réciproques

Dans le cadre de cette thèse, les connaissances que nous avons produites sur les situations d'exposition aux pesticides au cours des activités de traitement portent plus spécifiquement sur un des déterminants de ces situations : le pulvérisateur. En nous intéressant à ce déterminant, cela nous a permis de mettre en évidence une « chaîne de déterminants » (Bellemare *et al.*, 2002 ; St-Vincent *et al.*, 2011) alors pertinente pour mieux comprendre les situations d'exposition aux pesticides lors de l'utilisation des pulvérisateurs. La chaîne de déterminants que nous avons investiguée concerne : le pulvérisateur, les activités de conception, les normes juridiques et techniques applicables à la conception et les activités d'élaboration des normes techniques.

Lors des activités de traitement, nos résultats ont montré que la conception du pulvérisateur oriente l'activité de l'agriculteur. Les difficultés d'usage rencontrées et les appropriations opérées à l'égard du matériel peuvent être à l'origine de situations d'exposition aux pesticides. Les écueils liés à la conception s'expliquent en raison de la faible prise en compte – au cours

du processus de conception – de l'activité des agriculteurs et des risques de contamination associés. Les activités de conception sont elles-mêmes déterminées – en partie – par la réglementation compte tenu des exigences réglementaires dont doivent tenir compte les concepteurs pour commercialiser leurs machines au sein de l'Union européenne. Ces exigences réglementaires se révèlent néanmoins lacunaires à l'égard de l'activité des agriculteurs et de la prévention des risques de contamination. Ces lacunes s'expliquent au regard de la diversité des acteurs en charge de leur élaboration et des intérêts qu'ils défendent.

Notre schématisation initiale de la chaîne de déterminants (*cf.* Figure 13, p. 96) comporte des limites compte tenu de la dimension linéaire et descendante qu'elle suppose. En effet, même si cette chaîne vise à illustrer l'influence descendante de différents niveaux de déterminants sur l'apparition de situations d'exposition aux pesticides lors de l'utilisation des pulvérisateurs, des déterminants peuvent influencer des niveaux supérieurs. Par exemple, les genèses instrumentales des agriculteurs observées au cours des activités de traitement complètent la conception initiale du pulvérisateur. En participant aux commissions de normalisation, les concepteurs déterminent le contenu des spécifications techniques des normes harmonisées. En attribuant une place aux influences descendantes et ascendantes entre les différents niveaux de déterminants, nos résultats mettent en évidence un manque d'influence des activités de traitement sur les activités de conception et d'élaboration de la réglementation. C'est ce manque d'influence qui joue un rôle dans l'apparition de situations d'exposition aux pesticides lors de l'utilisation des pulvérisateurs. Ces différents éléments font l'objet de la schématisation ci-après (*cf.* Figure 98, p. 314).

Les connaissances produites permettent de confirmer le « *caractère hétérodéterminé* » (Boudra, 2019, p. 71) des activités de traitement et de préciser l'influence d'une chaîne particulière de déterminants sur l'apparition de situations d'exposition aux pesticides lors de l'utilisation des pulvérisateurs. Il est important de souligner que d'autres déterminants sont impliqués dans l'apparition de ces situations au cours des activités de traitement. En effet, l'analyse multiscalair réalisée par Goutille (2022) a pu mettre en évidence la diversité des contraintes exercées sur ces activités dans un contexte d'« *usage contrôlé des pesticides* » (Décosse, 2013 ; Jouzel, 2020 ; Jouzel & Prete, 2014, 2017). Pour ces raisons, il serait opportun d'alimenter notre chaîne de déterminants par l'analyse spécifique de déterminants supplémentaires (les activités de fabrication des pesticides, les activités d'élaboration de la directive machines, les activités de distribution du matériel, etc.).

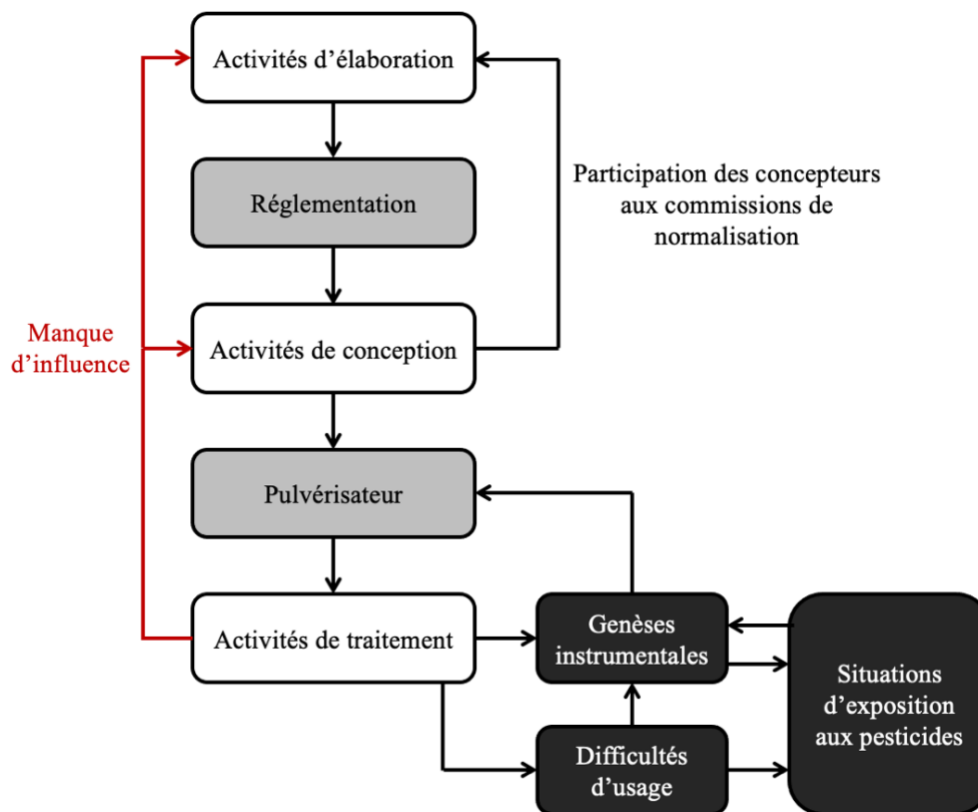


Figure 98 – Chaîne de déterminants des situations d'exposition aux pesticides lors de l'utilisation des pulvérisateurs et influences réciproques

## 13.2. Chaîne de déterminants et de production d'ignorance

Sur la base des influences décrites précédemment, la chaîne de déterminants analysée nous permet également de révéler une « *chaîne de production de l'ignorance* ». Décrit par Brunier *et al.* (2020) et appliqué à la sous-reconnaissance des maladies professionnelles liées aux pesticides, ce processus vise à « *souligner la pluralité des formes d'ignorance qui entourent un même phénomène social et à les articuler entre elles* » (p. 216). Dans notre cas particulier, la pluralité des formes d'ignorance se caractérise à trois niveaux : les activités d'élaboration de la réglementation, les activités de conception et les activités de traitement.

L'analyse du contenu des normes juridiques et techniques met en évidence que les pulvérisateurs sont conçus sur la base d'exigences réglementaires lacunaires quant à la prise en compte de l'activité des agriculteurs et des risques de contamination associés. Les spécifications techniques des normes harmonisées sont élaborées sur la base d'une discussion déséquilibrée. En effet, au sein des commissions de normalisation, la place est majoritairement occupée par les industriels (phénomène d'autoréglementation) et les intérêts des agriculteurs sont difficilement représentés. Même si les autorités publiques comme le MAA et la MSA ont pour

fonction de défendre les intérêts de chacun, leur positionnement n'est pas dénué de complexité en raison de la place occupée par les industriels. De ce fait, le critère économique a tendance à être privilégié au détriment du critère visant à protéger la santé humaine. Cette prépondérance se voit accentuée avec le principe d'autocertification. Afin de faciliter la mise sur le marché, les pulvérisateurs ne sont pas considérés comme des machines présentant un potentiel plus important de risques et ne nécessitent pas de contrôles externes préalables. En raison de ces différents éléments, nous pouvons avancer que la réglementation applicable à la conception des pulvérisateurs ne permet pas de prévenir efficacement les situations d'exposition aux pesticides rencontrées par les agriculteurs. Cela constitue une première forme de production d'ignorance.

Au cours des activités de conception, les concepteurs du fabricant A ne mettent pas en place de techniques spécifiques d'analyse de l'activité des agriculteurs et des risques de contamination associés. Compte tenu des lacunes réglementaires identifiées, cela a tendance à accentuer l'invisibilisation des difficultés rencontrées par les agriculteurs lors de l'utilisation du matériel et des situations d'exposition aux pesticides qui en découlent. Le manque de dimension contraignante des exigences réglementaires et le principe d'autocertification n'incitent pas les fabricants à faire plus que le minimum. Pour cette raison, le recours aux mesures de protection (par exemple les EPI) et d'information (sur les risques résiduels par exemple) par la prescription de « *pratiques d'utilisation sûre* » tend à être privilégié. Les difficultés rencontrées par les agriculteurs lors de l'utilisation des pulvérisateurs se réduisent alors à l'échelle individuelle en transformant « *les problèmes sociaux en problème personnel* » (Lhuilier, 2010, p. 55). La responsabilité est alors reportée sur le dernier maillon de la chaîne, l'agriculteur. Dans le cadre de l'utilisation des pesticides, ce phénomène a déjà été mis en évidence par divers auteurs tels que Brunier *et al.* (2020), Dedieu et Jouzel (2015), Jouzel et Dedieu (2013), Jouzel et Prete (2014) et Laurent *et al.* (2016).

L'ignorance produite (Brunier *et al.*, 2020 ; Décosse, 2013 ; Dedieu & Jouzel, 2015 ; Jas, 2015 ; Jas & Jouzel, 2015 ; Jouzel, 2020 ; Jouzel & Dedieu, 2013 ; Martin, 2016) au cours des activités d'élaboration de la réglementation et de conception des pulvérisateurs invisibilise les situations d'exposition aux pesticides rencontrées par les agriculteurs lors de l'utilisation du matériel. La réglementation et la conception prescrivent une utilisation du pulvérisateur qui ne tient pas compte de la réalité des conditions de travail (variabilités, incidents), des usages (genèses instrumentales) et des situations d'exposition aux pesticides.



La production d'ignorance s'accroît en raison d'une surveillance du marché insuffisante – insuffisance déjà soulignée dans le cadre du rapport d'évaluation de la [directive 2006/42/CE](#) publié par la Commission européenne<sup>229</sup>. En effet, une fois mis sur le marché, les pulvérisateurs font l'objet de très peu de contrôles et ce, malgré la connaissance de certaines non-conformités (catégorie des cabines de tracteurs pour les pulvérisateurs portés et traînés). De plus, les effets sur la santé liés à l'exposition aux pesticides sont majoritairement différés, ce qui ne facilite pas l'établissement d'un lien de causalité direct avec la conception des pulvérisateurs contrairement à des machines entraînant, par exemple, des accidents du travail. En cas d'intoxication aiguë, la responsabilité sera prioritairement portée sur le fabricant de pesticides comme en témoigne l'affaire de Paul François. En effet, la société Monsanto a été identifiée comme la seule responsable alors que l'exposition au Lasso est due aussi à un défaut de jauge sur le pulvérisateur. Pour ces différentes raisons, sans prétendre avoir réalisé un recensement exhaustif de la jurisprudence, il est possible d'avancer que les problèmes liés à la conception des pulvérisateurs sont rarement invoqués par les victimes – au risque de leur reprocher une utilisation non conforme du matériel. Cela ne permet pas de mettre en visibilité les connaissances produites sur le caractère déterminant du pulvérisateur dans l'apparition des situations d'exposition aux pesticides ([Albert, 2018](#) ; [Albert et al., 2021](#) ; [Albert & Garrigou, 2019](#) ; [Goutille, 2022](#) ; [Jolly, 2022](#) ; [Jolly et al., 2021](#) ; [Lacroix et al., 2013](#) ; [Lambert et al., 2012](#) ; [Laurent et al., 2016](#)).

Au regard de la pluralité des formes d'ignorance décrites, la chaîne de déterminants que nous avons identifiée et analysée est « *le produit d'un ensemble de procédures et de mécanismes sociaux qui fonctionnent comme une chaîne de production de l'ignorance* » ([Brunier et al., 2020, p. 215](#)). Ces mêmes auteurs soulignent l'intérêt « *de voir comment chaque étape conditionne la suivante, et d'identifier des boucles de rétroaction qui renforcent la robustesse de cette ignorance en chaîne* » ([p. 216](#)). Dans le cadre de notre travail, l'identification préalable d'une chaîne de déterminants est pertinente pour mettre en visibilité les influences qui s'opèrent entre les différents niveaux de déterminants quant à la production d'ignorance alors « *distribuée et cumulative* » ([ibid., p. 217](#)). Le phénomène d'autoréglementation, la sous-déclaration des maladies professionnelles et le manque de jurisprudence font l'objet de boucles de rétroactions qui renforcent la production d'ignorance quant aux connaissances produites sur les dangers liés

---

<sup>229</sup> European Commission staff working document: Evaluation of the machinery directive {SWD(2018) 161 final}.

à l'utilisation des pulvérisateurs. La chaîne de déterminants et la production d'ignorance qui en découle font l'objet de la figure ci-dessous (cf. Figure 99).

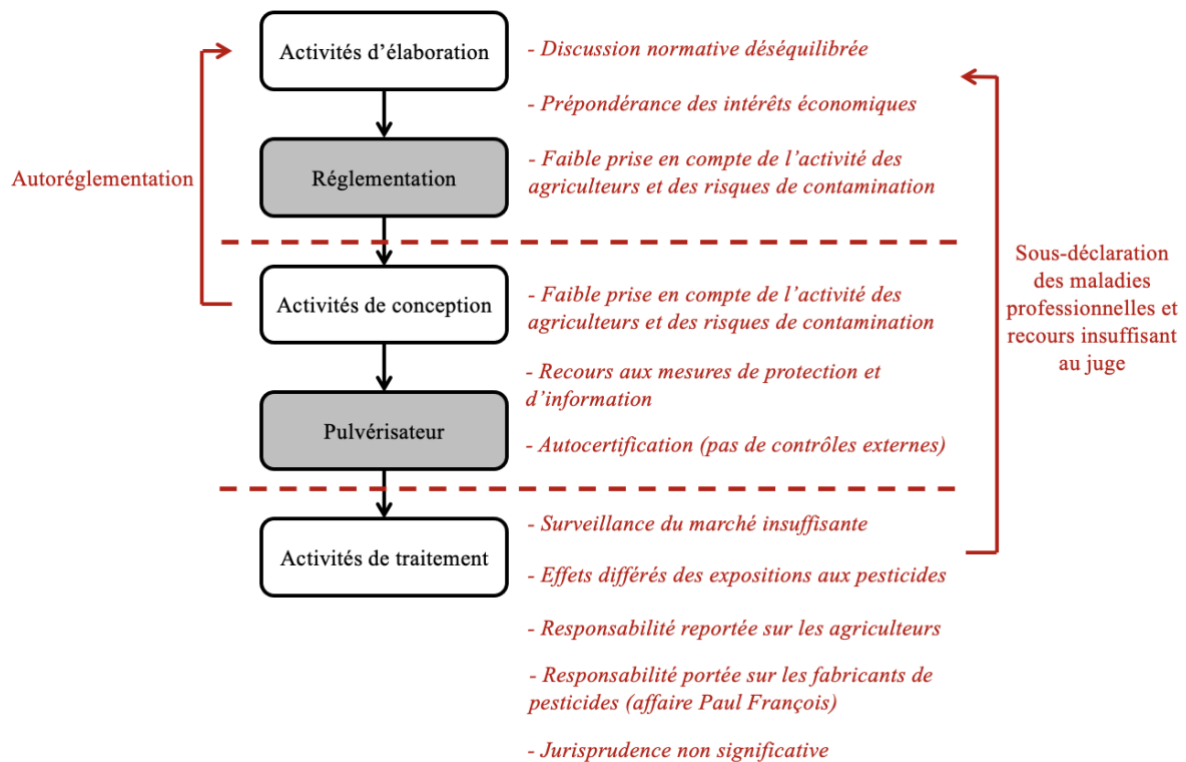


Figure 99 – Chaîne de déterminants et de production d'ignorance

« Cette production de l'ignorance en chaîne implique de nombreux acteurs » (Brunier et al., 2020, p. 225). Les liens et les interactions entre ces acteurs relèvent d'une complexité à l'origine de la construction sociale du risque (Gilbert, 2003). Suivant les analyses de Garrigou (2011) et Goutille (2022), les activités de traitement se révèlent alors être sous dépendance d'une diversité d'acteurs. En raison de la chaîne de déterminants analysée et des acteurs concernés à chacun des niveaux, cela nous amène à identifier différents « mondes professionnels » (Béguin, 2004a, 2007a, 2010).

### 13.3. Chaîne de déterminants et mondes professionnels

La chaîne de déterminants étudiée nous amène à distinguer deux sortes de déterminants : des artefacts et des activités humaines. Le pulvérisateur et la réglementation – en tant qu'artefacts – sont le produit d'activités humaines que sont les activités de conception et d'élaboration. Si des acteurs œuvrent à la conception des artefacts, d'autres acteurs en font l'usage. De ce fait, la réglementation se révèle être un artefact conçu par les acteurs en charge de son élaboration et les fabricants en font l'usage au cours du processus de conception. Le pulvérisateur est conçu

par les fabricants et les agriculteurs en font l'usage au cours des activités de traitement. Les artefacts sont donc conçus et utilisés dans des « *mondes professionnels* » (Béguin, 2004a, 2007a, 2010) différents que sont le monde de la prescription réglementaire, le monde de la conception et le monde de l'utilisation des pulvérisateurs (cf. Figure 100). Même si les acteurs en charge de l'élaboration de la réglementation ne conçoivent pas directement le pulvérisateur, ils y participent en raison des exigences qu'ils définissent. Et, même si les agriculteurs n'utilisent pas directement la réglementation, elle détermine leur activité en raison des exigences incorporées dans la conception du matériel. Pour ces raisons, les mondes de la prescription réglementaire et de l'utilisation des pulvérisateurs sont liés par un jeu d'artefacts en cascade (cf. Figure 100).

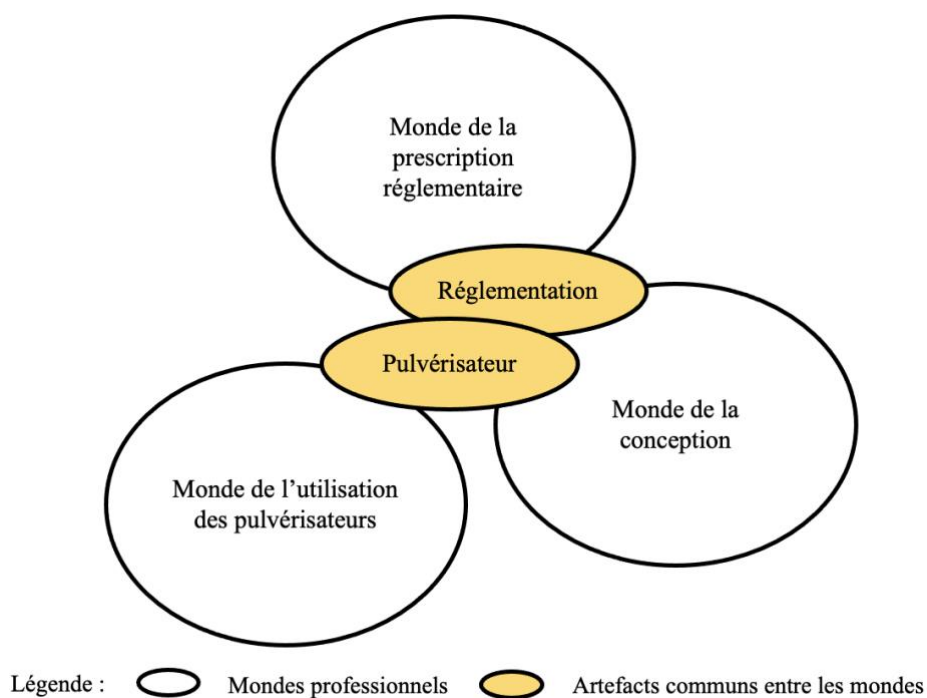


Figure 100 – Mondes professionnels et artefacts communs entre les mondes

Les analyses réalisées des activités de traitement, des activités de conception et des activités d'élaboration ont pu révéler la présence de conflits de critères pour chacun des mondes professionnels. Ces conflits intramondes relèvent alors d'arbitrages réalisés par un seul acteur et/ou entre différents acteurs. La liste des critères identifiés pour chacune des activités analysées n'est pas exhaustive, ces critères concernent la problématique particulière de notre travail de thèse. Pour ces raisons, il convient de souligner que les arbitrages identifiés peuvent résulter d'autres critères que nous n'avons pas investigués, liés, par exemple, à l'environnement ou à la santé publique.

Lors des activités de traitement, les agriculteurs sont amenés à réaliser des compromis entre des critères de production et de protection. En conception, les arbitrages effectués par les concepteurs concernent les délais, les coûts, la qualité et l'innovation. Au cours des activités d'élaboration de la réglementation, les conflits identifiés naissent des divergences de critères entre des enjeux économiques – représentés par les industriels – et des enjeux de santé et de sécurité – représentés par les autorités publiques. Cette divergence entre différentes parties prenantes nous permet d'identifier « l'hétérogénéité manifestée à l'intérieur d'un même monde » (Béguin, 2004a, p. 47). De ce fait, le concept de monde « postule que différentes perspectives, différents points de vue, et différents mondes professionnels sont possibles et même nécessaires face à un même réel. Mais que du fait de cette diversité, les acteurs connaissent des désaccords, au plan des procédures, des objectifs, des critères de réussite, qui génèrent des controverses, des incertitudes, voire des remises en cause coûteuses pour les personnes » (Béguin, 2007a, p. 377).

Les conflits intramondes sont alors à l'origine de conflits intermondes qui peuvent être identifiés au travers des artefacts et des difficultés liées à leur utilisation (cf. Figure 101).

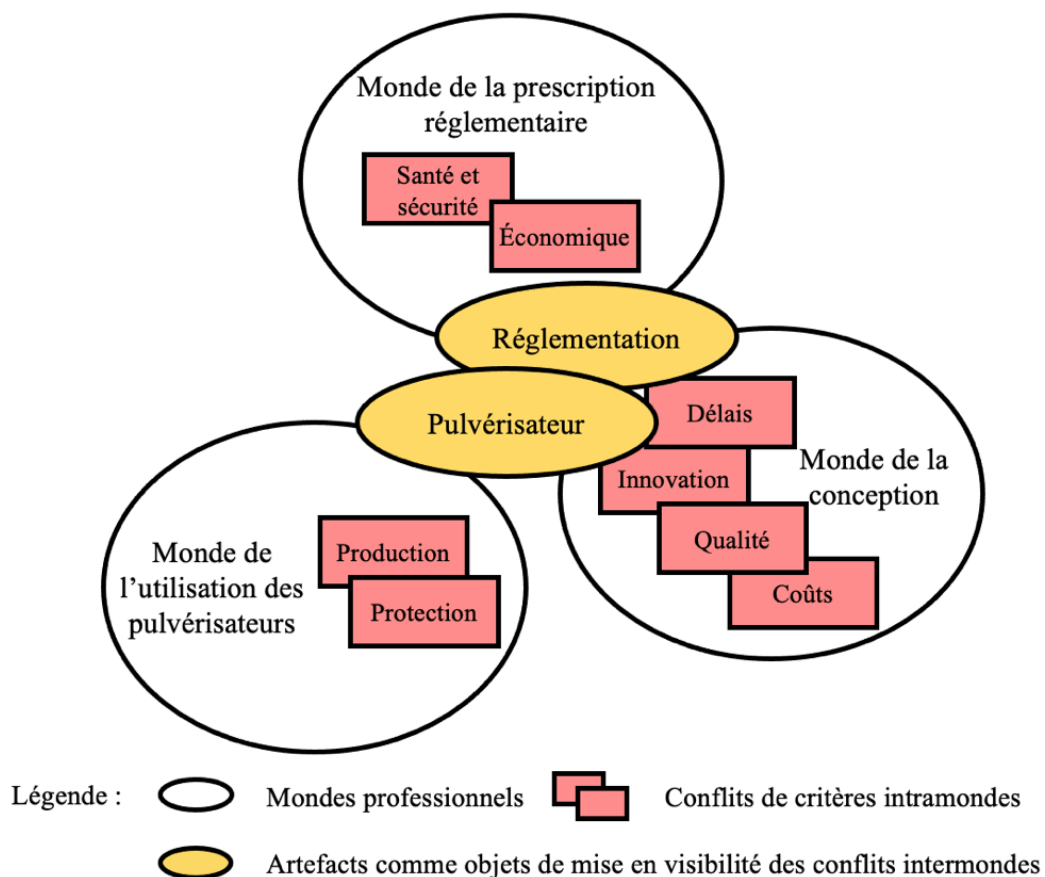


Figure 101 – Conflits de critères intramondes et intermondes

Les difficultés rencontrées par les agriculteurs lors de l'utilisation des pulvérisateurs et les situations d'exposition aux pesticides qui en découlent rendent compte des conflits de critères avec le monde de la conception et de la prescription réglementaire. Les difficultés rencontrées par les concepteurs à identifier et à appliquer la réglementation rendent, quant à elles, compte des conflits de critères avec le monde de la prescription.

Pour les différents conflits identifiés, « *la complexité du réel est au second plan* » (Béguin, 2007a, p. 378). Cela amène à souligner l'intérêt de favoriser des apprentissages mutuels entre les différents mondes afin de positionner la complexité du réel au premier plan avec, pour vecteur d'échanges, l'artefact (Béguin, 2007a). Cette perspective fait l'objet du dernier chapitre de discussion.

# Chapitre 14. Le droit comme macrodéterminant des situations d'exposition aux pesticides lors de l'utilisation des pulvérisateurs

Au sein de ce chapitre, nous souhaitons apporter des éléments de réponse à la deuxième question de recherche formulée en première partie de ce manuscrit.

Q2

En quoi le droit constitue-t-il un macrodéterminant des situations d'exposition aux pesticides des agriculteurs lors de l'utilisation des pulvérisateurs ?

Afin de répondre à cette deuxième question de recherche, nous présentons une synthèse de nos résultats pour rendre compte du rôle déterminant joué par le droit dans l'apparition des situations d'exposition aux pesticides lors de l'utilisation des pulvérisateurs. La méconnaissance de l'activité des agriculteurs (§14.1) et la représentation dominante des intérêts économiques (§14.2) au cours de l'élaboration des exigences réglementaires sont à l'origine de ce constat.

## 14.1. Le travail réel : un angle mort de la réglementation

En raison de sa dimension prescriptive, le droit se révèle être un déterminant des situations de travail. En effet, comme le souligne [Bouldi \(2022\)](#), « *les productions législatives et jurisprudentielles font partie intégrante des déterminants structurant la situation et l'environnement en situation professionnelle* » (p. 33). En déterminant les situations de travail, « *la règle juridique [...] vise à rendre le monde des faits conforme à un monde idéal ; à rendre le monde tel qu'il est conforme à un monde tel qu'il devrait être* » ([Supiot, 2011, p. 235](#)). Les règles juridiques visant à atteindre ce monde idéal ne sont néanmoins pas toujours effectives et efficaces. C'est à partir de ce constat que nous souhaitons questionner la capacité du droit – initialement conçu pour être une ressource pour parvenir à un monde tel qu'il devrait être – à devenir une contrainte pour la prévention des situations d'exposition aux pesticides lors de l'utilisation des pulvérisateurs.

Pour la conception des pulvérisateurs, la [directive 2006/42/CE](#) – dite « *directive machines* » – prévoit des exigences essentielles de santé et de sécurité que les fabricants doivent respecter

afin « *d'assurer que les machines sont sûres* »<sup>230</sup>. L'ambition de la réglementation européenne est alors de prévenir les risques qui découlent de l'utilisation des machines pour garantir la santé et la sécurité des personnes. Élaborées à distance de l'activité des agriculteurs – en « *désadhérence* » (Schwartz, 2009) – les exigences essentielles ne permettent pas de prévenir de façon efficace les situations d'exposition aux pesticides lors de l'utilisation des pulvérisateurs. Pour ces raisons, les normes juridiques et techniques applicables à leur conception se révèlent lacunaires. Par exemple, la [directive 2006/42/CE](#) ne considère pas les pulvérisateurs comme des machines présentant un potentiel important de risques. En 2009, cette directive a été modifiée par la [directive 2009/127/CE](#) afin d'apporter de nouvelles exigences essentielles spécifiquement applicables à la conception du pulvérisateur. Néanmoins, ces nouvelles exigences ne prévoient aucune mesure visant à prévenir les situations d'exposition aux pesticides lors de son utilisation. Au sein de la norme [EN ISO 4254-6](#), la limitation du contact avec les pesticides ne concerne qu'un seul organe du pulvérisateur (la cuve) et certaines opérations (incorporation des produits et vidange). Pour ces raisons, et au regard des données produites sur les activités de traitement, nous pouvons souligner que les ambitions initiales de la [directive 2006/42/CE](#) ne peuvent être tenues.

Cela nous amène à nous interroger sur la capacité du droit à tenir compte du travail tel qu'il se réalise concrètement pour élaborer des règles. À ce niveau, plusieurs auteurs se rejoignent pour exprimer la distance prise par le droit à l'égard du réel : « *déréalisation des prescriptions* » (Lhuilier, 2010, p. 49), « *méconnaissance inévitable de la complexité des faits* » (Supiot & Vacarie, 1993, p. 23), « *déconnexion du réel* » (Bouldi, 2022, p. 39). Même si le droit du travail a connu de nombreuses évolutions en matière de prévention (Verkindt, 2021), il doit encore fournir des efforts pour tenir compte du travail réel (Fantoni-Quinton, 2019 ; Miné, 2017). Par exemple, au sein des textes juridiques, le recours fréquent au concept de « *conditions de travail* » ne permet pas de soutenir ces efforts : « *parler des "conditions de travail" permet d'éviter de parler du "travail réel" et du travail tel qu'il est vécu dans cette tentative de combler l'écart entre ce qui est antécédent et tout ce qui se joue par rapport au milieu tel qu'il se présente réellement au moment de l'agir. Nous touchons là une limite du concept de "conditions de travail" car il est universel et doit toujours être pensé dans ses spécificités mais c'est cette manière d'en rester à un discours généraliste sur le travail qui ne permet pas d'en mesurer les enjeux humains et singuliers* » (Prevot-Carpentier, 2013, p. 107).

---

<sup>230</sup> Consid. 14 de la directive 2006/42/CE.



Dans un contexte où le recours au juge semble peu mobilisé, l'angle mort de la réglementation à l'égard du travail réel est accentué. En effet, « *la jurisprudence se situe à l'interface des normes législatives et des rappels du réel lié au monde des actions humaines* » (Bouldi, 2022, p. 289). Compte tenu de l'existence d'une chaîne de production de l'ignorance quant aux risques liés à l'utilisation des pulvérisateurs (cf. Figure 99, p. 317), les normes juridiques et techniques ne sont pas alimentées par ces « *rappels du réel* ».

Même si certaines exigences essentielles ou certaines spécifications techniques applicables à la conception des pulvérisateurs proposent des règles visant à respecter des « *principes ergonomiques* », elles ne prévoient pas de méthodologies permettant aux concepteurs de les appliquer. Pour autant, la mise en œuvre de ces exigences nécessite une compréhension de l'activité des agriculteurs. Par exemple, la spécification qui a pour objectif d'« *éviter les postures et mouvements contraignants lors de l'utilisation de la machine* »<sup>231</sup> demande aux concepteurs de réaliser une analyse de l'activité afin d'anticiper ces postures contraignantes. De ce fait, sans cet appui méthodologique, les règles apparaissent généralisantes et imprécises, ne permettant pas aux fabricants de les rendre opérantes. Pour prévenir les situations d'exposition aux pesticides, la directive machines prévoit que « *l'opérateur doit être protégé contre le risque d'exposition* »<sup>232</sup>. Néanmoins, aucune méthodologie n'est proposée aux fabricants pour réaliser une analyse des risques de contamination. Cela s'avère d'autant plus problématique que la notion d'exposition ne fait pas l'objet de définition claire et partagée en droit (Rahmaninikoo, 2022). À l'absence de méthodologies s'ajoutent des incohérences et des approximations qui n'incitent pas les fabricants à faire plus que le minimum. La dimension contraignante des normes juridiques et techniques se voit alors diminuée. Certaines formulations comme « *dans la mesure du possible* » nous amènent à nous interroger sur ce qui est réellement mis en place par les fabricants pour répondre aux différents objectifs. Ce constat peut être mis en perspective avec l'obligation de sécurité imposée à l'employeur, qu'elle soit de résultat ou de moyens renforcés. En effet, Fantoni-Quinton et Verkindt (2013) soulèvent des interrogations similaires : les employeurs font-ils leur possible ou font-ils l'impossible pour parvenir à cette obligation ?

---

<sup>231</sup> Part. 6.2.8. de la norme EN ISO 12100.

<sup>232</sup> Part. 3.5.3. de la directive 2006/42/CE



Le peu d'attention accordée au travail réel relève de processus de choix et de décision où les intérêts des différents acteurs sont divers. À ce niveau, il est fréquent que les critères économiques soient priorisés au détriment des impératifs de santé et de sécurité.

## 14.2. Des intérêts économiques dominants

La [directive 89/391/CE](#) avance que « *l'amélioration de la sécurité, de l'hygiène et de la santé des travailleurs au travail représente un objectif qui ne saurait être subordonné à des considérations de caractère purement économique* »<sup>233</sup>. Néanmoins, « *les progrès et les investissements [en matière de santé au travail] réalisés sont loin de porter tous les effets attendus et sont en permanence fragilisés par les évolutions technologiques et la pression des exigences économiques* » ([Verkindt, 2021, p. 348](#)). En effet, il est affirmé dans la [directive 2006/42/CE](#) que les exigences essentielles de santé et de sécurité doivent « *être appliquées avec discernement afin de tenir compte de l'état de la technique lors de la construction ainsi que des impératifs techniques et économiques* »<sup>234</sup>. Ces impératifs économiques se confirment dans le cadre de la « *nouvelle approche* » puisque ce dispositif d'harmonisation vise avant tout à favoriser la libre circulation des marchandises sur le territoire de l'Union européenne. Pour les pulvérisateurs, cette libre circulation est d'autant plus privilégiée que le contrôle de leur conception relève du principe d'autocertification.

Pour obtenir une présomption de conformité à la directive machines, les fabricants ont la possibilité d'avoir recours à des normes techniques harmonisées. Aussi appelée « *droit souple* » ([Thibierge, 2003](#)), la normalisation technique occupe alors une place importante pour la conception des pulvérisateurs. Néanmoins, les spécifications techniques relatives à la santé et à la sécurité sont renvoyées à des organismes privés pour leur élaboration ([Frydman, 2013 ; Supiot & Vacarie, 1993](#)). Malgré la volonté affichée d'assurer la représentation de toutes les parties prenantes, les commissions de normalisation sont principalement composées d'industriels, ce qui a tendance à privilégier les intérêts économiques au détriment des intérêts visant à protéger la santé humaine.

---

<sup>233</sup> Consid. 13 de la directive 89/391/CEE.

<sup>234</sup> Consid. 14 de la directive 2006/42/CE.

Même si la décision de la CJUE du 27 octobre 2016<sup>235</sup> affirme que la norme harmonisée peut, comme les autres sources du droit de l'Union européenne, faire l'objet d'une interprétation à l'occasion d'une question préjudicielle (Van Waeyenberge, 2018), sa portée juridique demeure source d'incertitudes. En effet, le caractère facultatif de la norme technique lui confère une valeur juridique incertaine (Frydman, 2013 ; Supiot & Vacarie, 1993 ; Verkindt, 2015). Pour ces raisons, « *la protection de la santé des travailleurs risque de ne pas peser très lourd face à des décisions économiques prises dans des lieux de pouvoir souvent très éloignés de la réalité du travail* » (Verkindt, 2021, p. 343).

La réglementation applicable à la conception des pulvérisateurs relève de la rencontre de différents modes de normativité (Champeil-Desplats, 2019). D'un côté, il y a la directive 2006/42/CE qui fixe des objectifs à atteindre en matière de santé et de sécurité pour la conception des machines et, de l'autre, il y a les spécifications techniques des normes harmonisées qui sont, quant à elles, les moyens d'atteindre ces objectifs. La rencontre de ces modes de normativité (normes juridiques et normes techniques) nous amène à nous interroger sur leur capacité à devenir complémentaires pour assurer la santé et la sécurité des personnes. Selon Lerouge (2021b), les normes techniques doivent néanmoins garder une place secondaire afin de toujours privilégier le respect des droits fondamentaux (y compris le droit à un milieu de travail sûr et salubre) portés par les normes juridiques : « *Le processus de normalisation en matière de santé et de sécurité au travail participe à une densification normative au profit d'une certaine représentation des relations sociales issues de la gestion et des pouvoirs privés économiques, au détriment de l'effectivité des normes juridiques censée défendre des relations sociales fondées sur le respect des droits fondamentaux des humains au travail.* » (ibid., pp. 21-22). La norme juridique doit garder son rôle de référence car elle constitue un « *levier pour intégrer la santé au travail dans les logiques économiques* » (Lerouge, 2021c, p. 358). Cela nous amène à nous interroger sur la capacité de la normalisation technique à répondre réellement aux objectifs de la directive machines. Compte tenu du fait que les fabricants ont principalement recours aux normes techniques pour concevoir les pulvérisateurs, nous soulignons l'intérêt de mener des analyses supplémentaires pour évaluer l'efficacité des spécifications techniques à atteindre les objectifs de cette directive.

---

<sup>235</sup> Affaire C-613/14 du 27 octobre 2016, James Elliott Construction Limited contre Irish Asphalt Limited.

La place accordée aux intérêts économiques dans le contenu de la réglementation et au cours de son élaboration fait naître une certaine « *insécurité juridique* » comme le souligne [Thevenot \(2014\)](#) dans le cas particulier des autorisations de mise sur le marché des pesticides. Cela nous amène à nous interroger sur la capacité du droit à maintenir un équilibre entre une diversité d'intérêts et de pouvoirs. Même si le droit peut avoir comme vocation de rééquilibrer les pouvoirs entre le salarié et l'employeur, dans la réalité, et pour d'autres contextes, la « *dysharmonie des pouvoirs* » ([Bouldi, 2022, p. 29](#)) persiste. Par exemple, dans le cadre de sa thèse, [Magnan \(2022\)](#) a pu mettre en visibilité le rôle joué par les instruments de politique publique dans l'intensification de la précarité du travail agricole. Les exonérations de charges et de cotisations patronales permises par le droit constituent des mesures qui alimentent « *une trappe à pauvreté pour les salariés précaires* » ([p. 9](#)) et soulignent un désintéressement vis-à-vis des questions de santé au travail.

Dans un contexte de « *densification normative* » ([Thibierge, 2003, 2013, 2017](#)), nos résultats soulignent les limites associées à ce phénomène en raison du manque d'efficacité et d'effectivité des normes étudiées. L'élaboration des exigences réglementaires à distance du travail réel, dans un contexte de déséquilibre entre des intérêts privés et des intérêts publics, nous permet d'identifier le droit comme un macrodéterminant des situations d'exposition aux pesticides lors de l'utilisation des pulvérisateurs. En raison de sa capacité à orienter les actions des autorités publiques, le droit constitue alors un levier de transformation privilégié pour agir en prévention. Cette perspective fait l'objet du dernier chapitre de discussion.

## Chapitre 15. L'articulation de niveaux d'analyses et d'approches pour comprendre les situations d'exposition aux pesticides lors de l'utilisation des pulvérisateurs

Au sein de ce chapitre, nous souhaitons apporter des réponses à la troisième question de recherche formulée en première partie de ce manuscrit.

Q3

Quelle méthode opérationnelle basée sur l'analyse de l'activité en ergonomie peut être mise en œuvre pour comprendre les situations d'exposition aux pesticides lors de l'utilisation des pulvérisateurs et identifier une chaîne de déterminants ?

Pour comprendre les situations d'exposition aux pesticides lors de l'utilisation des pulvérisateurs et identifier les déterminants impliqués, nous proposons de répondre à cette question de recherche en montrant l'intérêt d'articuler des analyses microscopiques et macroscopiques (§15.1) et d'articuler les approches ergotoxicologique et instrumentale (§15.2).

### 15.1. L'articulation d'analyses microscopiques et macroscopiques pour résoudre l'énigme de l'exposition

En raison de la diversité des déterminants impliqués, les situations d'exposition aux substances chimiques sont considérées comme des énigmes qu'il faut tenter de résoudre pour agir en prévention (Garrigou, 2011). En effet, « *les expositions résultent de schémas de causalités complexes où s'enchaînent et se combinent des déterminants de différentes natures* » (Garrigou & Guichard, 2017, p. 3). Pour ces raisons, l'articulation d'analyses microscopiques et macroscopiques (Mohammed-Brahim *et al.*, 2003) s'est révélée pertinente pour contribuer à la résolution de l'énigme des situations d'exposition aux pesticides lors de l'utilisation des pulvérisateurs.

Les analyses microscopiques réalisées concernent les activités de traitement. Au cours de ces analyses, nous avons cherché à mettre en évidence le caractère déterminant des pulvérisateurs dans l'apparition de situations d'exposition aux pesticides. Cela nous a amené à réaliser des analyses macroscopiques des activités de conception et des activités d'élaboration de la réglementation applicable à cette conception. En articulant différents niveaux d'analyse, nous

avons à la fois pu produire des connaissances à un niveau micro sur le travail réel des agriculteurs lors de l'utilisation des pulvérisateurs et à un niveau plus macro en nous interrogeant sur la manière dont le droit prescrit des obligations en matière de prévention. Viser la compréhension de déterminants conçus par des acteurs éloignés de la situation de travail, nous a permis de dépasser « *la myopie de l'ergonomie* » (Darses et Montmollin, 2012). Selon ces auteurs, « *l'ergonome ne voit bien que de près, étudiant les particularités de cette situation-là, qui est caractérisé par son secteur professionnel, ses prescriptions organisationnelles, ses procédures, ses normes, ses dispositifs techniques et son domaine d'application* » (p. 4). Si Montmollin (1997) défendait l'intérêt d'étendre les analyses à des éléments extérieurs de la situation de travail, dits « *macrofacteurs* », Alain Wisner le soulignait déjà dans les années 70 en parlant de « *déterminants larges* » à propos des problématiques associées au transfert de technologies (Daniellou, 2006 ; Geslin, 2002). Au sens de Laville (1998), dépasser la myopie de l'ergonomie consiste également à développer des collaborations avec d'autres disciplines pour viser des enrichissements réciproques et ainsi mieux comprendre les relations santé-travail. En identifiant la réglementation et ses activités d'élaboration comme des déterminants des situations d'exposition aux pesticides lors de l'utilisation des pulvérisateurs, nous avons intégré le point de vue du droit dans le cadre de ce travail. Notre recherche transdisciplinaire ergonomie et droit a mis en place des collaborations avec des juristes qui ont permis d'alimenter la compréhension de notre sujet d'étude.

L'articulation des analyses microscopiques et macroscopiques nous a permis d'identifier la diversité des acteurs impliqués dans la chaîne de déterminants et de comprendre leur éloignement à l'égard des situations réelles de travail (Albert *et al.*, à paraître). En raison de cet éloignement, nous avons pu mettre en évidence l'écart qui existe entre l'utilisation prescrite des pulvérisateurs par la conception et la réglementation et l'utilisation réelle qui en est faite au cours des activités de traitement. Sur la base de la distinction proposée en ergonomie entre travail prescrit et travail réel, nous proposons une adaptation du schéma de Guérin *et al.* (2006) (*cf.* Figure 14, p. 101) au contexte particulier d'utilisation d'un artefact (*cf.* Figure 102, p. 329).

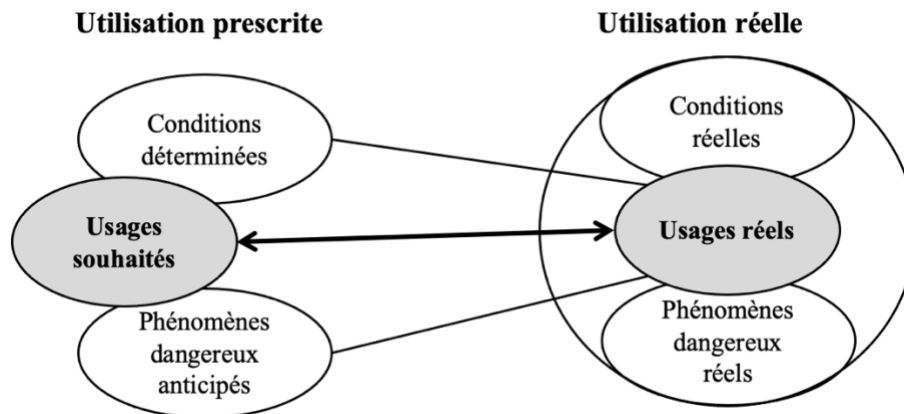


Figure 102 – Distinction entre utilisation prescrite et utilisation réelle  
(d'après Guérin *et al.* (2006))

L'utilisation prescrite par la réglementation et la conception prévoit des usages souhaités du pulvérisateur dans des conditions déterminées et où les phénomènes dangereux sont anticipés et contrôlés. Néanmoins, ces prescriptions ne tiennent pas suffisamment compte de l'utilisation réelle des pulvérisateurs. Les usages, les conditions et les phénomènes dangereux réels vont alors différer de l'utilisation prescrite. En effet, l'analyse de l'utilisation réelle permet de mettre en évidence de nombreuses variabilités (pannes GPS, bouchage de buses, etc.) demandant aux agriculteurs de mettre en place des stratégies pour y faire face. Ces stratégies relèvent alors des usages réels qui peuvent entraîner des phénomènes dangereux non anticipés par la réglementation et la conception. Par exemple, il est prescrit que « *toute intervention de maintenance sur la machine ne doit être effectuée qu'après nettoyage de toutes les parties contaminées du pulvérisateur* »<sup>236</sup>. Néanmoins, si une buse se bouche au cours du traitement, l'agriculteur sera amené à descendre de sa cabine en plein traitement et à intervenir sur le pulvérisateur (non nettoyé) ce qui entraînera une situation d'exposition aux pesticides directe et indirecte.

L'articulation des analyses macroscopiques et microscopiques a permis un premier niveau de compréhension des conflits de critères existant au sein et entre les différentes activités ainsi que les influences réciproques des différents niveaux de déterminants. Même si nous avons pu résoudre une partie de l'énigme des situations d'exposition aux pesticides lors de l'utilisation des pulvérisateurs, d'autres déterminants auraient pu être identifiés et analysés. De plus, l'analyse des activités de conception et des activités d'élaboration de la réglementation mériterait d'être complétée. Par exemple, il serait pertinent d'accorder plus d'attention à la

<sup>236</sup> Part. 6.1. de la norme EN ISO 4254-6.

révision en cours de la directive machines. À ce niveau, nous nous interrogeons néanmoins sur la possibilité d'accéder à ce niveau de déterminant en raison de l'éloignement des acteurs impliqués et des enjeux politiques inhérents.

Les déterminants identifiés et les analyses effectuées permettent de viser des transformations à différentes échelles. Plusieurs auteurs s'accordent pour souligner l'intérêt d'envisager des transformations sur des macrodéterminants pour viser une prévention plus globale (Garrigou, 2011 ; Goutille, 2022 ; Jolly, 2022 ; Van Belleghem *et al.*, 2011).

## 15.2. L'articulation des approches ergotoxicologique et instrumentale pour agir en conception

Dans une perspective d'agir en conception, la méthodologie mise en place pour analyser les activités de traitement visait à articuler les approches ergotoxicologique et instrumentale. L'approche ergotoxicologique a permis de mettre en visibilité les situations d'exposition aux pesticides directe et indirecte liées à l'utilisation du pulvérisateur. Ces situations sont le produit de difficultés d'usage rencontrées par les agriculteurs permettant alors de révéler les écueils de conception. Pour faire face à ces difficultés, les agriculteurs sont amenés à développer des stratégies les amenant, par exemple, à poursuivre la conception de leur matériel dans l'usage. La mise en visibilité de ces appropriations est rendue possible par la mobilisation de l'approche instrumentale. En effet, cette approche permet de comprendre le développement conjoint de l'artefact (processus d'instrumentalisation) et de son usage (processus d'instrumentation). Les genèses instrumentales représentent une ressource particulièrement importante pour mettre en visibilité la contribution des utilisateurs à la conception des artefacts (Béguin & Rabardel, 2000 ; Folcher & Rabardel, 2004 ; Rabardel, 1995).

Toutefois, les enjeux associés à la réalisation des traitements sont révélateurs d'arbitrages réalisés par les agriculteurs au cours de leur activité entre différents critères tels que la production et la protection. De ce fait, les genèses instrumentales peuvent être à l'origine de situations d'exposition aux pesticides (Albert *et al.*, 2021). En effet, les appropriations – davantage inscrites dans une logique de productivité – ne permettent pas toujours de privilégier le critère de protection. Les processus développementaux liés aux genèses instrumentales peuvent donc être coûteux du point de vue de l'exposition aux pesticides. À l'inverse, ces genèses instrumentales peuvent s'inscrire dans une logique de prévention,

concourant alors à réduire ou à supprimer les situations d'exposition aux pesticides. Ces processus peuvent être rapprochés des savoir-faire de prudence – entendus comme des pratiques informelles de sécurité (Cru, 2015). Qu'il s'agisse de genèses instrumentales à l'origine de situations d'exposition aux pesticides ou de situations d'exposition aux pesticides entraînant des genèses instrumentales de prévention, cela nous amène à constater l'intérêt d'articuler les approches instrumentale et ergotoxique pour agir en conception (Albert *et al.*, 2021) (*cf.* Figure 103).

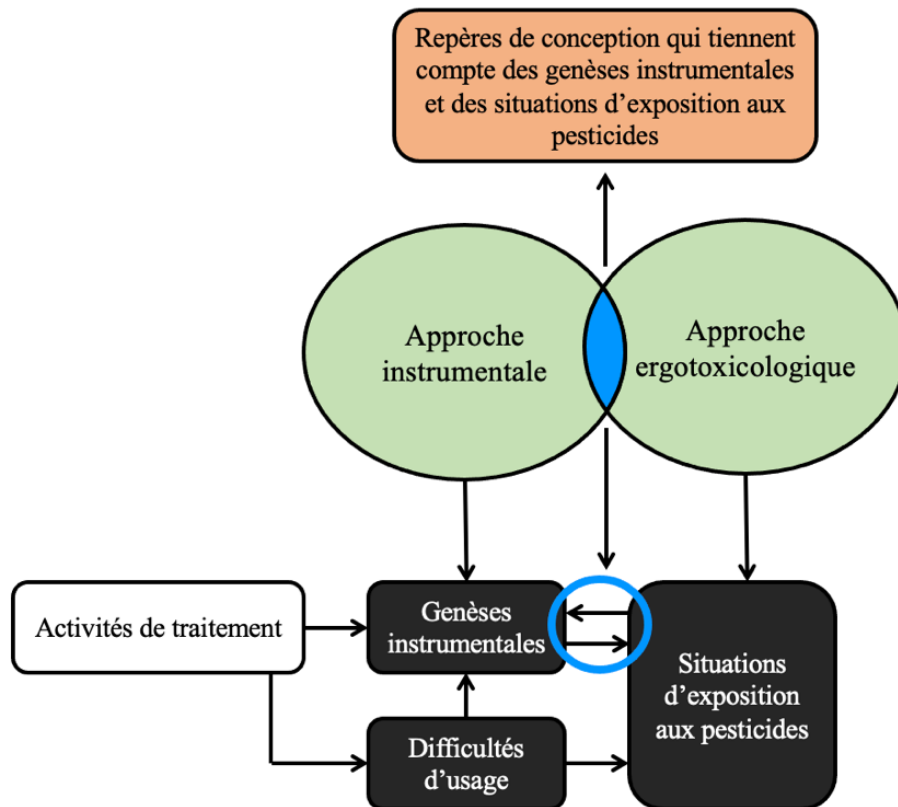


Figure 103 – Intérêt d'une méthodologie articulant les approches ergotoxique et instrumentale pour agir en conception

Articuler ces deux approches permet de produire des repères à intégrer dans les processus de conception de façon à répondre aux besoins réels des utilisateurs tout en réduisant les situations d'exposition à des substances chimiques. « *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* » (Albert *et al.*, 2021, p. 223). Coupler ces deux approches vise – de façon systémique – à réfléchir « *à la formulation de repères pour la conception d'outils liés à l'usage de produits chimiques* » (*ibid.*, p. 226).



## Chapitre 16. Perspectives : des transformations à différentes échelles pour prévenir les situations d'exposition aux pesticides lors de l'utilisation des pulvérisateurs

Au sein de ce chapitre, nous souhaitons apporter des réponses à la quatrième question de recherche formulée en première partie de ce manuscrit.

Q4

Eu égard aux déterminants identifiés, comment l'ergonomie peut-elle envisager des transformations à différentes échelles pour prévenir les situations d'exposition aux pesticides lors de l'utilisation des pulvérisateurs ?

Afin de répondre à cette quatrième et dernière question de recherche, nous envisageons et présentons des perspectives de transformations à différentes échelles. À un premier niveau, les connaissances produites doivent permettre d'alimenter des confrontations hétérogènes et être partagées auprès des acteurs concernés de près ou de loin par la problématique étudiée (§16.1). Si nous identifions le droit (§16.2) et la conception (§16.3) comme des leviers de transformation pertinents, nous souhaitons aussi réfléchir à la construction d'un monde commun pour viser à une collaboration entre les différents mondes professionnels (§16.4).

### 16.1. Alimenter les confrontations hétérogènes de connaissances

Les connaissances produites sur les situations d'exposition aux pesticides lors de l'utilisation des pulvérisateurs permettent d'alimenter des « *confrontations hétérogènes* » (Garrigou, 2011, 2021) avec les connaissances produites par la réglementation et la conception. Le modèle de confrontations hétérogènes de connaissances (cf. Figure 17, p. 111), initialement proposé par Daniellou (1992) puis repris par Garrigou (2011), rend compte de l'intérêt pour l'ergonomie de produire des connaissances sur le travail en vue de les confronter aux connaissances qui le déterminent. L'identification d'une chaîne de production de l'ignorance (cf. Figure 99, p. 317) à l'égard des risques liés à l'utilisation des pulvérisateurs accentue l'intérêt des connaissances produites par l'ergonomie sur le sujet. Il faut néanmoins réfléchir aux conditions à réunir pour qu'elles soient diffusées et partagées afin de permettre leur appropriation par des acteurs éloignés de façon spatio-temporelle des situations de travail.

Le partage des connaissances produites doit permettre de participer à la réduction de la production de l'ignorance et, de ce fait, de l'écart qui existe entre l'utilisation prescrite du pulvérisateur et l'utilisation réelle (*cf.* Figure 102, p. 329). Les connaissances produites pourraient par exemple alimenter la révision actuelle de la [directive 2006/42/CE](#) pour permettre de considérer le pulvérisateur comme une machine présentant un potentiel important de risque. De ce fait, la conception des pulvérisateurs ne relèverait plus de l'autocertification. L'incitation à se conformer aux exigences de santé et de sécurité serait alors renforcée par des contrôles externes obligatoires avant la mise sur le marché. À ce sujet, des discussions sont en cours avec des membres de l'institut syndical européen (ETUI). Au cours du projet de thèse, différentes restitutions ont été organisées pour permettre le partage des connaissances. Pour rappel, l'objectif de notre collaboration avec le fabricant A était double. En effet, notre participation au projet de conception de la nouvelle gamme de pulvérisateurs était à la fois l'occasion d'analyser leur activité de conception, mais aussi de leur apporter des éléments sur l'analyse des activités de traitement sous forme de repères de conception. Cette seconde collaboration ne figure pas au sein de cette thèse en raison d'un accord de confidentialité, mais il est important de souligner que les documents transmis et les restitutions réalisées ont permis de faire évoluer la conception du prototype en cours de développement. Des restitutions ont également été faites auprès de clusters machinismes et de l'association française des acteurs industriels de la filière des agroéquipements (AXEMA). Pour les acteurs en charge de la prévention, des restitutions ont été réalisées auprès du MAA, du COCT et de la MSA de la Gironde. D'autres formes de restitutions doivent désormais être envisagées pour favoriser la circulation des connaissances produites à un plus grand nombre d'acteurs (d'autres fabricants de pulvérisateurs, ministères, parlementaires, MSA, DREETS, etc.). Le partage de connaissances auprès de la MSA pourrait par exemple encourager les conseillers en prévention à porter l'attention sur la conception du pulvérisateur dans le cadre de la veille et de l'alerte des intoxications permises par le réseau Phyt'attitude.

Les analyses menées auprès des concepteurs ont mis en visibilité les difficultés qu'ils rencontrent à identifier et à appliquer la réglementation pertinente en la matière. Ces difficultés sont associées à la diversité des normes techniques dont ils doivent tenir compte, ainsi qu'à l'inadéquation de ces normes avec les principaux enjeux associés à leur activité (coût, délais, innovation, qualité). Les connaissances produites pourraient, par exemple, viser à développer un outil permettant aux concepteurs d'identifier les normes qu'ils doivent impérativement respecter en fonction du type de machines qu'ils conçoivent et ainsi s'assurer de la conformité

avec la [directive 2006/42/CE](#). Les normes juridiques et techniques applicables à la conception des pulvérisateurs se révèlent autant déterminantes pour l'activité des concepteurs que pour celles des agriculteurs. Les connaissances produites sur l'utilisation de la réglementation par les concepteurs méritent également d'être partagées auprès des acteurs en charge de l'élaboration de la réglementation (*cf.* Figure 104).

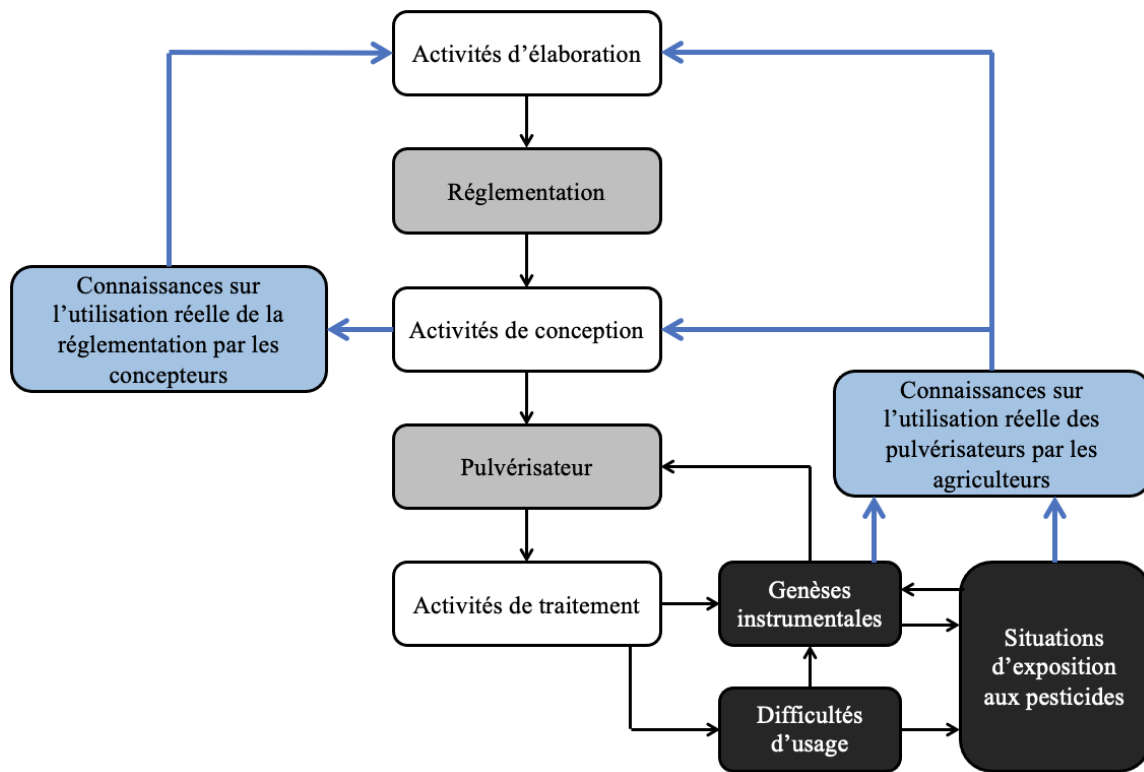


Figure 104 – Partage des connaissances produites aux différents acteurs

Dans le cadre du modèle de confrontations hétérogènes de connaissances susmentionné, il convient également de s'interroger sur la capacité des interprétations générales produites à servir la compréhension d'autres situations particulières ([Daniellou, 1992](#)). De ce fait, nous soulignons l'intérêt de mettre à l'essai les différentes conclusions et modélisations tirées des chapitres de discussion de notre thèse à d'autres contextes de travail. Identifier la conception et la réglementation comme chaîne de déterminants permet-il de comprendre d'autres types de risques liés à l'utilisation d'autres machines ? Le droit est-il un macrodéterminant d'autres situations d'exposition à d'autres substances chimiques ? Comment l'articulation des approches instrumentale et ergotoxicologique permet-elle de mettre en visibilité des genèses instrumentales aux genèses du risque pour l'utilisation d'autres outils en présence d'autres substances chimiques ?

Selon Garrigou (2011), « *les solutions de prévention ne seront opérationnelles que si elles arrivent à formuler l'énigme et à proposer des actions ciblées sur les différents déterminants que ce soit en termes de modification ou de reconception de tout ou partie des systèmes techniques et de l'organisation* » (p. 49). Pour ces raisons, le partage de connaissances n'est pas suffisant, ce qui nous amène à souligner l'intérêt d'envisager des transformations à deux échelles : en droit et en conception.

## 16.2. Le droit comme levier de transformation

En l'absence de techniques spécifiques d'analyse des usages et des risques de contamination des agriculteurs au cours du processus de conception, les normes juridiques et techniques représentent un moyen privilégié d'intégrer des impératifs de santé et de sécurité dans la conception. Néanmoins, en raison de difficultés à tenir compte du travail réel et à maintenir un équilibre entre une diversité d'intérêts, le droit ne constitue pas aujourd'hui une ressource suffisante pour intégrer ces enjeux. Pour autant, le droit s'avère être un levier de transformation pour viser à une meilleure prévention des situations d'exposition aux pesticides lors de l'utilisation des pulvérisateurs. Il est alors nécessaire de réfléchir aux conditions à réunir pour que les dispositifs juridiques existants gagnent en efficacité et en effectivité. Alors que l'effectivité consiste à « *mesurer l'écart entre normes et pratiques* » (Jeammaud & Serverin, 1992, p. 264), l'efficacité renvoie quant à elle à la mesure de l'aptitude d'une norme à « *procurer le résultat* » voulu par ses concepteurs (*ibid.*). Deux questions peuvent alors être soulevées : comment la norme (juridique ou technique) peut-elle gagner en efficacité si, au cours de son élaboration, elle tient compte de l'utilisation réelle des pulvérisateurs ? Et, comment cette norme peut-elle gagner en effectivité si elle propose des méthodologies opérantes aux concepteurs pour tenir compte de cette utilisation réelle ?

Pour viser à une prévention plus efficace, la norme doit être élaborée à partir de la compréhension du travail réel (Fantoni-Quinton, 2019 ; Lerouge, 2021c ; Miné, 2017) – en « *adhérence* » (Schwartz, 2009). Comme le souligne Lerouge (2021c), « *il [le droit] agit dans le monde réel, il doit donc en tenir compte* » (p. 22). Si nous avons pu mettre en évidence l'influence du droit sur l'apparition des situations d'exposition aux pesticides lors de l'utilisation des pesticides, nous questionnons aujourd'hui l'influence de ces situations sur l'élaboration du droit : « *jusqu'à quel point le droit façonne le travail réel et est façonné par lui* » (Bouldi, 2022, p. 23). Dans ce contexte, les sciences sociales – et plus spécifiquement

l'ergonomie – ont un rôle à jouer « *pour aider à aller du réel vers le droit pour le rendre plus effectif et efficace* » (Lerouge, 2021c, p. 22). Il convient donc de réfléchir aux modalités permettant aux juristes et aux ergonomes de construire des collaborations afin d'élaborer des normes à proximité du réel. Si ces collaborations existent, les transformations opérées pourraient également concerner des évolutions de vocabulaire, de définitions et de paradigmes. C'est le cas par exemple de la notion d'« *exposition* » qui ne fait aujourd'hui pas l'objet d'une définition claire et partagée au sein des textes juridiques (Rahmaninikoo, 2022). En ce qui concerne l'évolution des paradigmes, cela pourrait concerner le modèle de l'Homme au travail et le concept d'activité pour éviter, par exemple, des formulations de cette nature : « *charge physique et mentale* »<sup>237</sup> ou « *conditions normales de travail* »<sup>238</sup>. La notion de santé pourrait encore être amenée à évoluer même si les textes juridiques tendent à considérer le travail comme « *opérateur de santé* » (Dejours, 1995). En effet, comme le rappellent Fantoni-Quinton et Verkindt (2013) : « *la santé n'est ni un donné, ni un patrimoine dont le contenu serait fixé une fois pour toutes et qu'il faudrait simplement protéger contre toute cause de déperdition. La santé se construit et si le travail peut conduire à la dégradation de la santé physique et mentale du travailleur, il est aussi lui-même un facteur de santé* » (p. 231).

Ensuite, pour viser à une meilleure effectivité de la norme, il est nécessaire de réfléchir à sa capacité à proposer des méthodologies opérantes aux acteurs en charge de sa mise en œuvre, dont il devrait répondre en cas de non-conformité ou de dommage de santé. En effet, même si les normes prévoient des principes ergonomiques pour la conception, les fabricants peuvent rencontrer des difficultés à les appliquer. Comme le souligne Fantoni-Quinton (2019), la mise en œuvre des principes de prévention n'est pas évidente en raison de la complexité des situations de travail. Si les principes de prévention doivent rester larges et imprécis pour permettre une adaptation à la diversité et aux évolutions des situations de travail, il est important de mieux outiller les acteurs en charge de leur mise en œuvre. Nous pouvons prendre pour exemple le principe d'adaptation du travail à l'Homme (Verkindt, 2021). Même si ce principe constitue une opportunité sans précédent pour l'ergonomie de transcrire ses objectifs au sein de textes juridiques, il nécessite de comprendre l'activité de l'Homme pour envisager des transformations. Quelles sont alors les compétences des concepteurs pour comprendre cette activité ? De plus, les interprétations et mises en application de ce principe peuvent différer

---

<sup>237</sup> Part. 6.2.8. de la norme EN ISO 12100.

<sup>238</sup> Part. 4.7.1.2. de la norme EN ISO 4254-1.

selon les acteurs et les disciplines. Par exemple, pour l'ergonomie, adapter le travail à l'Homme implique d'associer les travailleurs à la conception de leur situation de travail. Pour le droit, cela est moins évident en raison de la logique de subordination qui tend à laisser à la seule charge de l'employeur la conception de ces situations (Supiot, 2019). Quelles interprétations font alors les concepteurs de ce principe ? Considèrent-ils important d'impliquer les utilisateurs à la conception ? Selon quels critères considèrent-ils le principe respecté ? Tout autant de questions qui mettent en visibilité le rôle que peut jouer l'ergonomie dans la définition – en collaboration avec des juristes – de méthodologies qui permettent aux concepteurs – dans la conception des machines – à se tenir au plus proche du réel. Par exemple, lorsque la [directive 2006/42/CE](#) prévoit que « *l'opérateur doit être protégé contre le risque d'exposition* »<sup>239</sup>, il conviendrait de définir, dans la norme [EN ISO 4254-6](#), une méthodologie permettant aux concepteurs d'analyser – en impliquant les agriculteurs – les situations d'exposition aux pesticides lors de l'utilisation des pulvérisateurs. Face à ces constats et propositions, nous nous interrogeons alors sur la capacité des acteurs à adapter le travail à l'Homme mais aussi du droit à adapter ses règles aux acteurs concernés par sa mise en œuvre pour viser à une meilleure effectivité.

En raison de la place accordée aux normes techniques pour la conception des pulvérisateurs, il serait pertinent pour les ergonomes de participer aux commissions de normalisation afin de répondre aux deux niveaux de transformation présentés précédemment (prise en compte du travail réel des agriculteurs et proposition de méthodologies aux concepteurs). [Guérin et al. \(2021\)](#) confirment effectivement l'intérêt pour les ergonomes de participer à l'élaboration des normes. Même si cela nécessite de produire des connaissances généralisables à plusieurs et différentes situations de travail, cela peut permettre de tenir compte des conditions réelles de travail alors que les pouvoirs publics et les industriels se trouvent en difficulté de le faire. Pareille réflexion pourrait être menée concernant la présence de juristes au sein de ces commissions afin de contribuer, par exemple, à la clarification du vocabulaire employé.

Les différents éléments développés nous amènent à nous interroger sur la capacité d'une rencontre entre l'ergonomie et le droit pour viser à une meilleure prévention. Si l'ergonomie peut enrichir les dispositifs juridiques existants par une plus grande proximité au réel, le droit peut par la suite permettre – en raison de sa dimension prescriptive – d'influencer positivement

---

<sup>239</sup> Ann. I, part. 3.5.3. de la directive 2006/42/CE.

la conception des situations de travail. Le principe d'adaptation du travail à l'Homme permet d'illustrer cela. En effet, sa mutation de principe moral à principe juridique fait de lui un élément structurant de la prévention (Verkindt, 2021) de par sa capacité à prendre en compte les variabilités interindividuelles et intraindividuelles pour concevoir le travail. L'invocation en justice de ce principe dans le cadre de la décision de la Cour d'appel de Douai du 30 novembre 2018<sup>240</sup> (Lanouzière, 2019 ; Verkindt, 2020) renforce cette capacité et permet d'atténuer l'angle mort du droit à l'égard du travail réel. Les connaissances sur le travail réel doivent permettre d'enrichir les dispositifs juridiques existants et à venir pour que ceux-ci deviennent ensuite une ressource pour la prévention.

Même si nous pouvons entrevoir des possibilités de rencontre entre l'ergonomie et le droit pour viser à une meilleure prévention, il convient de souligner une limite liée aux différences de temporalités. Les normes s'élaborent et se révisent sur le temps long contrairement aux connaissances qui peuvent être produites sur les situations de travail. Même si « *la démarche de prévention requiert une mise à niveau permanente, tant du point de vue scientifique que du point de vue juridique* » (Verkindt, 2021, p. 343), comment cette mise à niveau est-elle possible pour réagir rapidement au réel des situations ?

### 16.3. La conception comme levier de transformation

Nos résultats ont mis en évidence la place accordée à la technique au cours du processus de conception des pulvérisateurs ainsi que la faible prise en compte de l'activité des agriculteurs. Pour ces raisons, les perspectives de transformations s'envisagent également en conception. À ce niveau, la conception représente une opportunité pour favoriser des apprentissages mutuels entre le monde des concepteurs et le monde des utilisateurs (Béguin, 2007a).

Selon Daniellou (2004), « *l'ergonomie s'est toujours donné pour objectif d'influencer la conception ou la reconception des moyens de travail* » (p. 359) en intégrant le travail réel ainsi que les travailleurs concernés dans les processus de choix et de décision (Béguin, 2004b, 2007b ; Daniellou, 2004 ; Garrigou *et al.*, 2001). Cette intégration tend alors 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

---

<sup>240</sup> Cour d'appel de Douai, 30 novembre 2018, n°2199/18, Mme C. c/ société Pro impec.



aux différents enjeux d'une situation de travail (Béguin, 2004b ; Béguin & Rabardel, 2000 ; Daniellou, 2004 ; Garrigou *et al.*, 2001). En considération des difficultés associées à la temporalité paradoxale des processus de conception (*cf.* Figure 23, p. 124), l'enjeu pour l'ergonome est d'intervenir le plus en amont possible de ces processus et de « *prévoir l'espace des formes possibles d'activité future* » (Daniellou, 2004, p. 360) en proposant des méthodes adaptées afin de dépasser ce paradoxe (Theureau & Pinsky, 1984). Pour ces raisons, depuis la fin du XX<sup>e</sup> siècle, l'ergonomie développe des méthodologies pour agir au sein des processus de conception (Béguin, 2004b ; Béguin & Cerf, 2004 ; Daniellou, 1987, 1992, 2004 ; Falzon, 2005 ; Garrigou *et al.*, 1995, 2001). Ces méthodologies se traduisent selon une démarche générale et spécifique (analyse de situations de référence, formalisation de situations d'action caractéristiques (SAC)<sup>241</sup>, réalisation de simulations, proposition de repères de conception, etc.) (Béguin, 2004b, 2007b ; Daniellou, 2004 ; Garrigou *et al.*, 2001).

Au cours de cette démarche, l'approche instrumentale peut être une ressource vis-à-vis des fonctions à intégrer dans le processus de conception d'un artefact au regard des genèses instrumentales identifiées (*cf.* Figure 24, p. 134) (Béguin, 2007b ; Béguin & Rabardel, 2000 ; Bourmaud, 2006, 2013 ; Folcher, 2003 ; Folcher & Rabardel, 2004 ; Rabardel, 1995). Néanmoins, les connaissances produites sur les activités de traitement ont pu mettre en visibilité que les genèses instrumentales pouvaient être à l'origine de situations d'exposition aux pesticides. Nous avons alors souligné l'intérêt d'articuler les approches instrumentale et ergotoxicologique pour concevoir des outils au service des fonctions attendues par les agriculteurs tout en réduisant les risques de contamination (*cf.* Figure 103, p. 331). Si l'ergotoxicologie s'est toujours positionnée comme ressource pour enrichir la production de « *modèles opérants* » en prenant en compte les situations d'exposition aux substances chimiques (Garrigou, 2011), des travaux récents avaient déjà affirmé l'intérêt d'inscrire l'ergotoxicologie au sein des processus de conception des situations de travail (Galey, 2019).

Cette perspective d'action en conception doit favoriser la mise en place d'une approche participative encourageant des apprentissages mutuels entre concepteurs et utilisateurs (Béguin, 2004a, 2007a, 2013 ; Béguin & Cerf, 2004). Selon Béguin (2013), les positions respectives et les points de vue de ces deux mondes relèvent d'un caractère hétérogène. La confrontation des

---

<sup>241</sup> Dans la démarche d'ergonomie de conception, les SAC permettent de faire le lien entre les activités existantes et les activités futures. Elles regroupent « *un ensemble de déterminants dont la présence simultanée va conditionner la structuration de l'activité* » (Daniellou, 1992, p. 30).



connaissances des concepteurs et de celles des travailleurs peut alors être source de difficultés (Garrigou, 1992). Par conséquent, la mise en place d'une approche participative n'est pas dénuée de complexité, mais elle présente un intérêt (Darses & Reuzeau, 2004) afin de privilégier une « réflexion multi logique sur le système à concevoir » (Daniellou, 2004, p. 371). Selon Béguin (2004b), « la conception est un travail de groupe, quel que soit l'objet à concevoir, celui-ci est trop complexe pour qu'une seule personne dispose d'une représentation de tous les problèmes et possède les compétences pour les résoudre tous » (p. 386).

Cette perspective visant à favoriser les apprentissages mutuels entre concepteurs et utilisateurs fait l'objet d'un projet postdoctoral – intitulé PulvERGO<sup>242</sup> – que nous mettons actuellement en œuvre à l'issue et à partir des résultats de cette thèse. En effet, ce projet a pour objectif de développer une plateforme de simulation qui doit permettre aux concepteurs et aux agriculteurs d'anticiper au mieux et le plus amont possible les difficultés d'usage et les situations d'exposition aux pesticides que pourraient rencontrer les agriculteurs lors de l'utilisation d'une future machine. En ergonomie, la simulation (Béguin & Weill-Fassina, 1997 ; Maline, 1994) permet « d'évaluer les formes d'activité future » (Daniellou, 2004, p. 368) sur la base de maquettes, de plans ou encore de prototypes. Dans le cadre du projet, c'est un environnement virtuel que nous souhaitons développer pour réaliser les simulations. Dans cet environnement, l'agriculteur pourra réaliser son travail pour chacune des étapes d'un traitement, à savoir la préparation, l'application et le nettoyage. Ces simulations doivent permettre d'évaluer les avantages et les inconvénients des choix de conception avec pour finalité de proposer des solutions qui permettent le développement des usages et qui préviennent les situations d'exposition aux pesticides. Pour Béguin et Cerf (2004) « les démarches de simulation doivent permettre une "mise en situation" du résultat du travail du concepteur et de l'activité de l'opérateur » (p. 61). La définition des scénarios de simulation, leur réalisation et le développement des solutions doivent alors se faire de façon conjointe sur la base de discussions, où l'inventivité et les connaissances de chacun des acteurs permettent des enrichissements mutuels. Le pulvérisateur – initialement identifié comme un objet de mise en visibilité des conflits intermondes (cf. Figure 101, p. 319) – peut devenir dans le cadre simulé d'un environnement virtuel, un « vecteur d'échange » (Béguin, 2007a). Favoriser la coordination des mondes professionnels de la conception et de l'utilisation des pulvérisateurs nous permet

---

<sup>242</sup> Pour une durée de trois ans (2021-2024), le projet PulvERGO est réalisé à l'Université de Bordeaux et est financé dans le cadre de l'appel à projets national 2020-2021 ECOPHYTO.

alors d'envisager la construction d'un « *monde commun* » (Béguin, 2004a, 2007a, 2010) pour améliorer conjointement le processus de conception des pulvérisateurs et les situations de travail des agriculteurs.

#### 16.4. Viser la construction de mondes communs pour agir avec l'ergotoxicologie

Si le projet PulvERGO sur lequel nous travaillons offre un cadre permettant le développement d'un monde commun entre le monde des concepteurs et le monde des agriculteurs, nous envisageons des mondes communs à plusieurs échelles en fonction des objectifs visés : entre concepteurs et utilisateurs (projet actuel), mais aussi entre concepteurs et acteurs en charge de l'élaboration de la réglementation afin que cette dernière soit élaborée sur la base d'apprentissages mutuels entre ces mondes. Enfin, ces apprentissages peuvent également concerner les mondes de la prescription réglementaire et de l'utilisation des pulvérisateurs (*cf.* Figure 105).

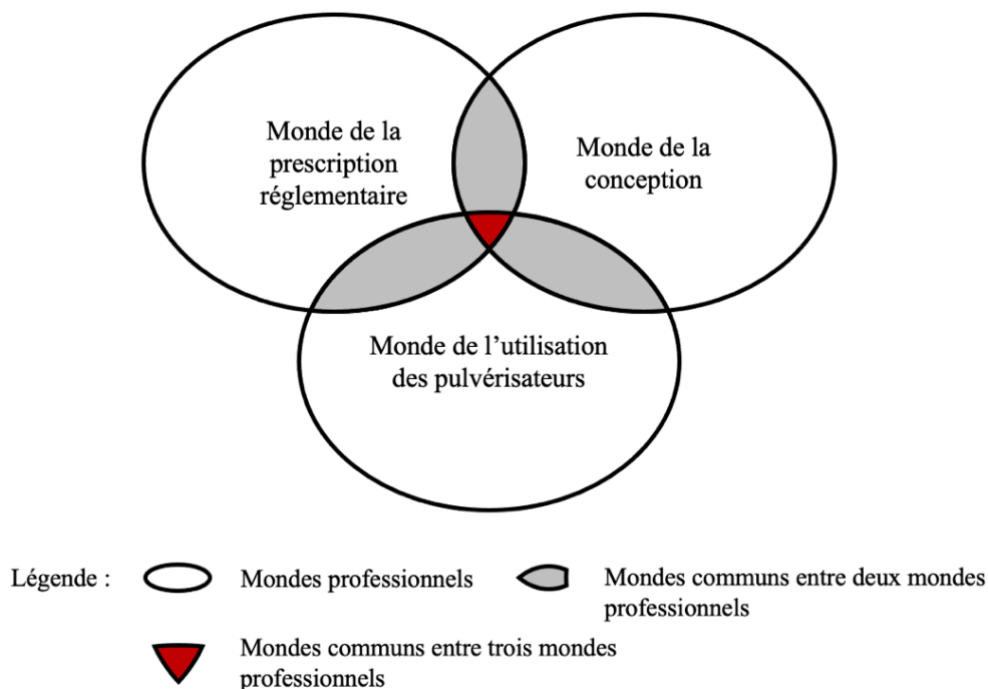


Figure 105 – Mondes professionnels et mondes communs

Au regard des connaissances produites sur l'influence de la réglementation et de la conception sur l'apparition des situations d'exposition aux pesticides lors de l'utilisation des pulvérisateurs, il convient en réalité de réfléchir à la possibilité de construire un monde commun entre les acteurs en charge de l'élaboration de la réglementation, les concepteurs et les agriculteurs (*cf.*

Figure 105, p. 341). Défini comme « *un système apprenant, dont la cartographie est à plusieurs entrées, un système de monde ; non pas une communauté homogène d'esprit et d'action mais un système de positions différenciées auxquelles chacun pourra se référer* » (Béguin, 2004a, p. 47), le monde commun que nous envisageons doit permettre une prévention efficace des situations d'exposition aux pesticides lors de l'utilisation des pulvérisateurs. S'il faut « *chercher l'établissement "d'échange de monde", de processus dialogiques, durant lesquels le monde des uns peut être référé et mis à l'épreuve dans le monde des autres* » (*ibid.*), alors cela nous invite à envisager des moyens pertinents pour atteindre cet objectif.

À ce sujet, de récents travaux (Goutille, 2022) ont permis d'envisager l'action ergotoxicologique à partir de la proposition d'Oddone (1984) de constituer une « *communauté scientifique élargie* » dans laquelle : « *il ne s'agit pas de diffuser les connaissances de la communauté scientifique vers l'action ouvrière, mais d'intégrer deux types de connaissance, celle des experts de la santé et celle des experts des situations de travail, sur un même axe central à partir duquel se développe une profonde transformation des compétences* » (Re, 2014, p. 152). Cette proposition méthodologique nous semble être une perspective féconde pour répondre aux enjeux soulevés à l'issue de cette thèse, à savoir le développement d'une collaboration entre différents mondes professionnels. Les connaissances ainsi produites pourraient être des instruments au service du développement d'un monde commun dans un contexte où les seules confrontations hétérogènes des connaissances ne peuvent être suffisantes. En effet, comme le souligne Clot (2015) dans la préface de la réédition de l'ouvrage d'Oddone *et al.* (2015), il est nécessaire, pour prévenir les risques et améliorer le travail, de dépasser « *l'impasse de la simple dénonciation des conditions de travail inacceptables [...]. La dénonciation sans l'action [aggravant] la situation* » (p. 24).

Cette incitation à l'action n'est pas dénuée de complexité en raison des conflits que nous avons mis en évidence au sein et entre les mondes professionnels (*cf.* Figure 101, p. 319) mais elle nous amène à réfléchir aux conditions à réunir pour mener à bien cette action. Si aujourd'hui, les conflits identifiés ne permettent pas, voire empêchent, le développement d'un monde commun, ils pourraient – dans le cadre particulier d'une communauté scientifique élargie – constituer le point de départ aux apprentissages mutuels entre les différents mondes professionnels. Les résultats issus des analyses de notre travail de thèse représentent des matériaux utiles à l'ergonome – qui agit avec l'ergotoxicologie – d'équiper les différents mondes professionnels pour la « *recherche de nouveaux critères permettant de définir les*

*indices de nocivité et de nouvelles formes de participation [des agriculteurs]* » (Oddone *et al.*, 2015, p. 61). En suivant ce chemin, l'action doit permettre « *aux travailleuses et travailleurs d'être pleinement acteurs de leur propre démarche de prévention* » (Garrigou, 2011, p. 50). Brito et Neves (2001) – qui ont visé la mise en place d'une communauté scientifique élargie dans un autre contexte – soulignent néanmoins que « *pour transformer [la] situation, il ne [suffit] pas de tenir compte d'une description, même précise, des risques et des difficultés concrètes auxquelles se confrontent les travailleurs. Il [s'agit] de comprendre les stratégies mises en place par les travailleurs afin de concilier la [...] qualité [...] et la préservation de leur santé* » (p. 250). En ce sens, les résultats de nos travaux – issus d'analyses articulant les approches instrumentale et ergotoxicologique – peuvent permettre de seconder les mondes professionnels à la compréhension des arbitrages réalisés par les agriculteurs entre des critères de production et de protection.

Une communauté scientifique élargie constituée d'agriculteurs, de concepteurs et d'acteurs en charge de l'élaboration des normes techniques doit permettre – au moyen des connaissances produites et à partir des difficultés concrètes rencontrées par les agriculteurs – d'alimenter le dialogue entre les différents mondes professionnels. Les artefacts (réglementation et pulvérisateurs) développés grâce aux apprentissages mutuels doivent alors devenir une ressource pour ceux qui les utilisent, mais aussi une ressource pour la prévention des situations d'exposition aux pesticides lors de l'utilisation des pulvérisateurs.

Le projet PulVERGO – initialement mis en place pour viser le développement d'un monde commun entre les concepteurs et les utilisateurs – pourrait à terme viser le développement d'un monde commun plus large en intégrant alors les acteurs en charge de l'élaboration des normes techniques et ainsi former cette communauté scientifique élargie. Si l'ergotoxicologie a toujours considéré les situations d'exposition à des substances chimiques comme des énigmes (Garrigou, 2011), nous envisageons la mise en place d'une communauté scientifique élargie comme moyen possible au développement d'un monde commun, non pas que pour la résolution de ces énigmes, mais aussi pour la transformation des situations.



## Bibliographie

- Acquavella, J., Olsen, G., Cole, P., Ireland, B., Kaneene, J., Schuman, S., & Holden, L. (1998). Cancer among farmers: A meta-analysis. *Annals of Epidemiology*, 8(1), 64-74. [https://doi.org/10.1016/S1047-2797\(97\)00120-8](https://doi.org/10.1016/S1047-2797(97)00120-8)
- Alavanja, M. C. R. (2009). Introduction: Pesticides use and exposure extensive worldwide. *Reviews on Environmental Health*, 24(4), 303-309. <https://doi.org/10.1515/reveh.2009.24.4.303>
- Alavanja, M. C. R., Hoppin, J. A., & Kamel, F. (2004). Health effects of chronic pesticide exposure: Cancer and neurotoxicity. *Annual Review of Public Health*, 25, 155-197. <https://doi.org/10.1146/annurev.publhealth.25.101802.123020>
- Alavanja, M. C. R., Ross, M. K., & Bonner, M. R. (2013). Increased cancer burden among pesticide applicators and others due to pesticide exposure: Pesticides Exposure and Cancer. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, 63(2), 120-142. <https://doi.org/10.3322/caac.21170>
- Albert, M. (2018). *Une approche critique de la conception et des usages du matériel de pulvérisation des pesticides en viticulture. Apport de l'approche instrumentale à l'ergotoxicologie pour la conception*. [Mémoire de Master en ergonomie]. Conservatoire national des arts et métiers.
- Albert, M., & Garrigou, A. (2019). Une approche critique de la conception et des usages du matériel de pulvérisation des pesticides en viticulture. *54ème Congrès de la SELF*, 355-360.
- Albert, M., Judon, N., Folcher, V., Bourmaud, G., Pueyo, V., Larbaigt, J., & Garrigou, A. (2021). Apport des approches instrumentale et ergotoxicologique pour la conception : Le cas du matériel de pulvérisation des pesticides en viticulture. *Le Travail Humain*, 84(3), 197-232. <https://doi.org/10.3917/th.843.0197>
- Albert, M., Judon, N., Jolly, C., Goutille, F., Galey, L., Mohammed-Brahim, B., & Garrigou, A. (à paraître). La notion de marge de manœuvre en ergotoxicologie : un usage opérant vis-à-vis de l'activité de protection. In F. Coutarel *et al.*, *Ouvrage collectif sur la marge de manœuvre*. Octarès.
- Arhab-Girardin, F. (2020). Les limites de la responsabilité civile face aux risques sanitaires liés aux pesticides et l'opportunité de la création d'un fonds d'indemnisation. *Revue Juridique de l'Environnement, HS20*, 233-248.
- Aubertot, J.-N., Barbier, J.-M., Carpentier, A., Gril, J.-J., Guichard, L., Lucas, P., Savary, S., Savini, I., & Voltz, M. (2005). *Pesticides, agriculture et environnement. Réduire l'utilisation des pesticides et en limiter les impacts environnementaux* [Synthèse du rapport de l'expertise]. INRAE.
- Aubry-Caillaud, F. (2018). Normes techniques et certifications. *JurisClasseur Europe Traité, Fasc. 560*, 1-47.

- AXEMA. (2020). *Rapport économique 2020* (N° 439).
- Badel, M., Charbonneau, A., & Lerouge, L. (2018). *Droit de la santé et de la sécurité au travail*. Gualino.
- Baldi, I., Botton, J., Chevrier, C., Coumoul, X., Elbaz, A., Goujon, S., Jouzel, J.-N., Monnereau, A., Multigner, L., Salles, B., Siroux, V., & Spinosi, J. (2021). *Pesticides et effets sur la santé. Nouvelles données* [Rapport d'expertise collective]. Institut national de la santé et de la recherche médicale.
- 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., Cordier, S., Coumoul, X., Elbaz, A., Gamet-Payrastre, L., Lebailly, P., Multigner, L., Rahmani, R., Spinosi, J., & Van Maele-Fabry, G. (2013). *Pesticides. Effets sur la santé* [Rapport d'expertise collective]. Institut national de la santé et de la recherche médicale.
- 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. <https://doi.org/10.1289/ehp.01109839>
- 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>
- Baldi, I., Lebailly, P., Rondeau, V., Bouchart, V., Blanc-Lapierre, A., Bouvier, G., Canal-Raffin, M., & Garrigou, A. (2012). Levels and determinants of pesticide exposure in operators involved in treatment of vineyards: Results of the PESTEXPO Study. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 22(6), 593-600. <https://doi.org/10.1038/jes.2012.82>
- Barcellini, F., Van Belleghem, L., & Daniellou, F. (2013). Les projets de conception comme opportunité de développement des activités. In P. Falzon, *Ergonomie constructive* (pp. 191-206). Presses Universitaires de France. <https://doi.org/10.3917/puf.falzo.2013.01.0191>

- Beaujouan, J., Cromer, D., & Boivin, X. (2021). Review: From human–animal relation practice research to the development of the livestock farmer’s activity: An ergonomics–applied ethology interaction. *Animal*, *15*(12), 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100395>
- Bechar, A., & Vigneault, C. (2016). Agricultural robots for field operations: Concepts and components. *Biosystems Engineering*, *149*, 94-111. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2016.06.014>
- Béguin, P. (2004a). Mondes, monde commun et versions des mondes. *Bulletin de psychologie*, *57*(469), 45-48.
- Béguin, P. (2004b). L’ergonome, acteur de la conception. In P. Falzon, *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. <https://doi.org/10.3917/th.704.0369>
- Béguin, P. (2007b). Prendre en compte l’activité de travail pour concevoir. *Activités*, *4*(2), 107-114. <https://doi.org/10.4000/activites.1719>
- Béguin, P. (2010). *Conduite de projet et fabrication collective du travail : Une approche développementale* [Habilitation à diriger des recherches]. Université Victor Segalen Bordeaux 2.
- Béguin, P. (2013). La conception des instruments comme processus dialogique d’apprentissages mutuels. In P. Falzon, *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*, 1-26. <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.
- Béguin, P., & Weill-Fassina, A. (1997). *La simulation en ergonomie : Connaître, agir et interagir*. Octarès.
- Bellemare, M., Marier, M., Montreuil, S., Allard, D., & Prévost, J. (2002). *La transformation des situations de travail par une approche participative en ergonomie : Une recherche intervention pour la prévention des troubles musculo-squelettiques* (Rapport de recherche R-292 ; Études et recherches). IRSST.
- Bellon-Maurel, V., & Huyghe, C. (2016). L’innovation technologique dans l’agriculture. *Géoéconomie*, *80*(3), 159-180. <https://doi.org/10.3917/geoec.080.0159>



- Bernard, F., Zare, M., Sagot, J.-C., & Paquin, R. (2020). Using Digital and Physical Simulation to Focus on Human Factors and Ergonomics in Aviation Maintainability. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 62(1), 37-54. <https://doi.org/10.1177/0018720819861496>
- Blair, A., Zahm, S. H., Pearce, N. E., Heineman, E. F., & Fraumeni, J. F. (1992). Clues to cancer etiology from studies of farmers. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 18(4), 209-215. <https://doi.org/10.2307/40965996>
- Blaise, J.-C., Lhoste, P., & Ciccotelli, J. (2003). Formalisation of normative knowledge for safe design. *Safety Science*, 41(2-3), 241-261. [https://doi.org/10.1016/S0925-7535\(02\)00004-8](https://doi.org/10.1016/S0925-7535(02)00004-8)
- Blanc-Lapierre, A., Bouvier, G., Garrigou, A., Canal-Raffin, M., Raheison, C., Brochard, P., & Baldi, I. (2012). Effets chroniques des pesticides sur le système nerveux central : État des connaissances épidémiologiques. *Revue d'Épidémiologie et de Santé Publique*, 60(5), 389-400. <https://doi.org/10.1016/j.respe.2012.03.006>
- Blatman, M. (2005). Regards sur l'état de santé au travail et la prévention des risques. *Droit Social*, 11, 960-970.
- Blatman, M., Verkindt, P.-Y., & Bourgeot, S. (2014). *L'état de santé du salarié, de la préservation de la santé à la protection de l'emploi*. Liaisons.
- Boisselier, J. (2004). *Naissance et évolution de l'idée de prévention des risques professionnels* (ED 926). Institut national de recherche et de sécurité (INRS).
- Bonnardel, N. (1999). L'évaluation réflexive dans la dynamique de l'activité du concepteur. In J. Perrin, *Pilotage et évaluation des activités de conception* (pp. 87-105). L'Harmattan.
- Bonnefoy, N. (2012). *Rapport d'information fait au nom de la mission commune d'information sur les pesticides et leur impact sur la santé et l'environnement* (Rapport d'information N° 42).
- Boudra, L. (2017). *Durabilité du travail et prévention en adhérence : Le cas de la dimension territoriale des déchets dans l'activité de tri des emballages ménagers* [Thèse de doctorat en ergonomie]. Université Lumière Lyon 2.
- Boudra, L. (2019). Activité humaine, espace et territoire. Éléments de réflexion à partir d'une analyse systémique et multiscale. *Ergologia*, 22, 69-90.
- Boudra, L., & Delecroix, B. (2012). Préserver la santé des opérateurs en intervenant à différents niveaux de prises de décisions. L'exemple de la filière du recyclage des déchets d'emballages ménagers. *47ème congrès de la SELF*, 21-27.
- Boudra, L., Delecroix, B., & Béguin, P. (2016). Mobiliser une approche développementale dans l'intervention ergonomique. Réflexions sur la démarche d'action et la posture de l'intervenant. *3ème congrès de la Société Internationale d'Ergonomie*.

- Boulangier, M., Tual, S., Lemarchand, C., Guizard, A.-V., Velten, M., Marcotullio, E., Baldi, I., Clin, B., & Lebailly, P. (2016). Expositions professionnelles en agriculture et risque de cancer de la vessie: Résultats de la cohorte Agrican. *Archives des Maladies Professionnelles et de l'Environnement*, 77(3), 497. <https://doi.org/10.1016/j.admp.2016.03.329>
- Bouldi, N. (2022). *Le droit de la prévention à l'aune des sciences du travail. Droit et régulation du travail réel* [Thèse de doctorat en droit]. Université de Lille.
- 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, *Ergonomie constructive* (pp. 161-174). Presses Universitaires de France. <https://doi.org/10.3917/puf.falzo.2013.01.0161>
- Bournigal, J.-M. (2014). *Définir ensemble le futur du secteur des agroéquipements*. [Rapport de la mission agroéquipements]. IRSTEA.
- Bouthinon-Dumas, H. (2019). La compliance : Une inflation normative au carré ? *Management Avenir*, 4, 109-129. <https://doi.org/10.3917/mav.110.0109>
- Boy, L. (2017). Les apports de la certification, de la normalisation et de la labellisation à l'effectivité ou l'efficacité des normes juridiques. In I. Daugareilh, *La responsabilité sociale de l'entreprise, vecteur d'un droit de la mondialisation ?* (pp. 333-351). Bruylant.
- Brito, J., & Neves, M. Y. (2001). Connaître et transformer les relations entre santé et travail par la construction d'une « communauté élargie de recherche » : Une expérience avec des travailleurs d'écoles. In C. Teiger & M. Lacombez, *(Se) Former pour transformer le travail. Dynamiques de constructions d'une analyse critique du travail* (pp. 249-254). Presses de l'Université Laval.
- Bronson, K., & Knezevic, I. (2016). Big Data in food and agriculture. *Big Data & Society*, 3(1), 1-5. <https://doi.org/10.1177/2053951716648174>
- Brunier, S., Jouzel, J.-N., & Prete, G. (2020). L'ignorance en chaîne : La sous-reconnaissance des hémopathies professionnelles liées aux pesticides. In C. Cavalin, E. Henry, J.-N. Jouzel, & J. Péglise, *Cent ans de sous-reconnaissance des maladies professionnelles* (pp. 215-234). Presses des Mines.
- Byé, P. (1979). Mécanisation de l'agriculture et industrie du machinisme agricole : Le cas du marché français. *Économie Rurale*, 130(1), 46-59. <https://doi.org/10.3406/ecoru.1979.2625>
- Canguilhem, G. (1947). Milieu et normes de l'homme au travail. *Cahiers Internationaux de Sociologie*, 3, 120-136. <https://doi.org/10.2307/40688644>
- Canguilhem, G. (1966). *Le normal et le pathologique*. Presses Universitaires de France.

- Carbonnier, J. (1995). L'inflation des lois. In J. Carbonnier, *Essais sur les lois* (pp. 307-313). Répertoire du notariat Defrénois.
- Carson, R. (1962). *Silent spring*. Houghton Mifflin.
- CCMSA. (2012). *Les risques liés aux machines agricoles en chiffres* (p. 8).
- Cerf, M. (1996). Approche cognitive de pratiques agricoles : Intérêts et limites pour les agronomes. *Natures Sciences Sociétés*, 4(4), 327-339. <https://doi.org/10.1051/nss/19960404327>
- Cerf, M., & Meynard, J.-M. (2006). Les outils de pilotage des cultures : Diversité de leurs usages et enseignements pour leur conception. *Natures Sciences Sociétés*, 14(1), 19-29. <https://doi.org/10.1051/nss:2006004>
- Cerf, M., & Sagory, P. (2004). Agriculture et développement agricole. In P. Falzon, *Ergonomie* (pp. 621-632). Presses Universitaires de France. <https://doi.org/10.3917/puf.falzo.2004.01.0621>
- Chaignot Delage, N. (2017). De la subordination du corps physique à l'émancipation de la personne humaine : L'avenir du droit du travail ? In N. Chaignot Delage & C. Dejours, *Clinique du travail et évolutions du droit* (pp. 325-353). Presses Universitaires de France. <https://doi.org/10.3917/puf.dejou.2017.03.0325>
- Champeil-Desplats, V. (2019). Droit, pluralité des modes de normativité et internormativité. Regard juridique. *Revue des Droits de l'Homme*, 16, 1-15. <https://doi.org/10.4000/revdh.6413>
- Charbonneau, A. (2018). Compliance et santé au travail dans la viticulture. *Droit et Patrimoine*, 281, 52-57.
- Chatzilaou, K. (2019). La création d'une Autorité européenne du travail : À quelles fins ? *Revue de Droit du Travail*, 09, 537-545.
- Chaumette, P. (1992). Commentaire de la loi du 31 décembre 1991 relative aux obligations de l'employeur et du salarié en matière de sécurité au travail. *Droit Social*, 4, 337-346.
- Cholat, J.-F. (2004). La normalisation en ergonomie. État des lieux. *39ème Congrès de la SELF*, 21-24.
- Clot, Y. (2008). *Travail et pouvoir d'agir*. Presse universitaire de France.
- Clot, Y. (2015). De Mayo à Oddone. L'instruction au sosie. In I. Oddone, G. Briante, & A. Re, *Redécouvrir l'expérience du travail* (pp. 7-34). Éditions sociales.
- Cocco, P. (2002). On the rumors about the silent spring: Review of the scientific evidence linking occupational and environmental pesticide exposure to endocrine disruption health effects. *Cadernos de Saúde Pública*, 18, 379-402. <https://doi.org/10.1590/S0102-311X2002000200003>

- Coeuret, A., Duquesne, F., & Fortis, E. (2016). *Droit pénal du travail*. LexisNexis.
- Colosio, C., Tiramani, M., & Maroni, M. (2003). Neurobehavioral effects of pesticides: State of the art. *NeuroToxicology*, 24(4-5), 577-591. [https://doi.org/10.1016/S0161-813X\(03\)00055-X](https://doi.org/10.1016/S0161-813X(03)00055-X)
- Constitution de l'organisation mondiale de la santé.
- Convention de Rotterdam sur la procédure de consentement préalable en connaissance de cause applicable à certains produits chimiques et pesticides dangereux qui font l'objet d'un commerce international, 10 septembre 1998.
- Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants, 22 mai 2001.
- Convention (n°155) sur la sécurité et la santé des travailleurs, 1981.
- Convention (n°170) sur les produits chimiques, 1990.
- Convention (n°184) sur la sécurité et la santé dans l'agriculture, 2001.
- Convention (n°187) sur le cadre promotionnel pour la sécurité et la santé au travail, 2006.
- 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>
- Cru, D. (2015). Les savoir-faire de prudence : Un enjeu pour la prévention. Consignes formelles et pratiques informelles de sécurité. In A. Thébaud-Mony, P. Davezies, L. Vogel, & S. Volkoff, *Les risques du travail. Pour ne pas perdre sa vie à la gagner* (pp. 423-426). La Découverte. <https://doi.org/10.3917/dec.theba.2015.01.0423>
- Damalas, C., & Koutroubas, S. (2016). Farmers' exposure to pesticides: Toxicity types and ways of prevention. *Toxics*, 4(1), 1-10. <https://doi.org/10.3390/toxics4010001>
- Daniellou, F. (1987). Les modalités d'une ergonomie de conception : Introduction dans la conduite des projets industriels. *Les Cahiers de Notes Documentaires*, 129, 517-523.
- Daniellou, F. (1992). *Le statut de la pratique et des connaissances dans l'intervention ergonomique de conception* [Habilitation à diriger des recherches]. Université de Toulouse.
- Daniellou, F. (2001). Epistemological issues about ergonomics and human factors. *International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors*, 1, 43-46.
- Daniellou, F. (2004). L'ergonomie dans la conduite de projets de conception de systèmes de travail. In P. Falzon, *Ergonomie* (pp. 359-373). Presses Universitaires de France. <https://doi.org/10.3917/puf.falzo.2004.01.0359>

- Daniellou, F. (2006). « Je me demanderais ce que la société attend de nous... » À propos des positions épistémologiques d'Alain Wisner. *Travailler*, 15(1), 23-38. <https://doi.org/10.3917/trav.015.0023>
- Daniellou, F. (2008). Diversité des domaines d'intervention, nouvelles pratiques de l'ergonomie, qu'avons-nous encore en commun? *Actes des journées de Bordeaux sur la pratique de l'ergonomie*, 11-22.
- Daniellou, F., & Béguin, P. (2004). Méthodologie de l'action ergonomique : Approches du travail réel. In P. Falzon, *Ergonomie* (pp. 333-358). Presses Universitaires de France. <https://doi.org/10.3917/puf.falzo.2004.01.0333>
- Darses, F. (1994). *Gestion des contraintes dans la résolution des problèmes de conception* [Thèse de doctorat en psychologie cognitive]. Université Paris 8.
- Darses, F., Detienne, F., & Visser, W. (2004). Les activités de conception et leur assistance. In P. Falzon, *Ergonomie* (pp. 545-563). Presses Universitaires de France. <https://doi.org/10.3917/puf.falzo.2004.01.0545>
- Darses, F., & Falzon, P. (1996). La conception collective : Une approche de l'ergonomie cognitive. In G. de Terssac & E. Friedberg, *Coopération et conception* (pp. 123-135). Octarès.
- Darses, F., & Montmollin, M. (2012). *L'ergonomie* (5e éd.). La Découverte.
- Darses, F., & Reuzeau, F. (2004). Participation des utilisateurs à la conception des systèmes et dispositifs de travail. In P. Falzon, *Ergonomie* (pp. 405-420). Presses Universitaires de France. <https://doi.org/10.3917/puf.falzo.2004.01.0405>
- Darses, F., & Wolff, M. (2005). How do designers represent to themselves the users' needs. *Applied Ergonomics*, 37, 757-764. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2005.11.004>
- Davezies, P. (1993). Éléments de psychodynamique du travail. *Éducation permanente*, 116(3), 33-46.
- Davezies, P. (2006). Tensions et orientations du système français de santé au travail. *Santé, Société et Solidarité*, 5(2), 23-32. <https://doi.org/10.3406/oss.2006.1115>
- Davezies, P. (2015). Les atteintes à la santé par le travail. In Annie Thébaud-Mony, P. Davezies, L. Vogel, & S. Volkoff, *Les risques du travail. Pour ne pas perdre sa vie à la gagner* (pp. 263-270). La Découverte. <https://doi.org/10.3917/dec.theba.2015.01.0263>
- De Graaf, L., Baldi, I., & Lebailly, P. (2020). Exposition aux pesticides et santé chez les jardiniers et travailleurs des espaces verts. *Archives des Maladies Professionnelles et de l'Environnement*, 81(5), 740. <https://doi.org/10.1016/j.admp.2020.03.808>
- De Graaf, L., Boulanger, M., Bureau, M., Bouvier, G., Meryet-Figuere, M., Tual, S., Lebailly, P., & Baldi, I. (2022). Occupational pesticide exposure, cancer and chronic neurological disorders: A systematic review of epidemiological studies in greenspace workers. *Environmental Research*, 203, 1-17. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111822>

- De Montvalon, L. (2018). Le crépuscule de l'obligation de sécurité de résultat. *Semaine Sociale Lamy*, 449, 1-5.
- Décision du Conseil relative à l'acceptation mutuelle des données pour l'évaluation des produits chimiques, 12 mai 1981.
- Décosse, F. (2013). Entre « usage contrôlé », invisibilisation et externalisation. Le précarier étranger face au risque chimique en agriculture intensive. *Sociologie du Travail*, 55(3), 322-340. <https://doi.org/10.4000/sdt.11585>
- Dedieu, F., & Jouzel, J.-N. (2015). Comment ignorer ce que l'on sait ? La domestication des savoirs inconfortables sur les intoxications des agriculteurs par les pesticides. *Revue Française de Sociologie*, 56(1), 105-133. <https://doi.org/10.3917/rfs.561.0105>
- Dejours, C. (1995). Comment formuler une problématique de la santé en ergonomie et en médecine du travail ? *Le Travail Humain*, 58(1), 1-16. <https://doi.org/10.2307/40659890>
- Delvolvé, N. (1984). Ergonomie et toxicologie. *Le Travail Humain*, 47(3), 227-235.
- Deumier, P. (2013). *Introduction générale au droit*. LGDJ.
- Dey, A. K., & Mann, D. D. (2010). A complete task analysis to measure the workload associated with operating an agricultural sprayer equipped with a navigation device. *Applied Ergonomics*, 41(1), 146-149. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2009.06.005>
- Dich, J., Zahm, S. H., Hanberg, A., & Adami, H.-O. (1997). Pesticides and cancer. *Cancer Causes & Control*, 8(3), 420-443.
- Directive 98/24/CE du Conseil du 7 avril 1998 concernant la protection de la santé et de la sécurité des travailleurs contre les risques liés à des agents chimiques sur le lieu de travail (quatorzième directive particulière au sens de l'article 16, paragraphe 1, de la directive 89/391/CEE).
- Directive 98/37/CE du Parlement européen et du Conseil du 22 juin 1998 concernant le rapprochement des législations des États membres relatives aux machines.
- Directive 2003/88/CE du Parlement européen et du Conseil du 4 novembre 2003 concernant certains aspects de l'aménagement du temps de travail.
- Directive 2006/42/CE du Parlement européen et du Conseil du 17 mai 2006 relative aux machines et modifiant la directive 95/16/CE (refonte) (Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE) (2006/42/CE).
- Directive 2009/127/CE du Parlement européen et du Conseil du 21 octobre 2009 modifiant la directive 2006/42/CE en ce qui concerne les machines destinées à l'application des pesticides (2009/127/CE).
- Directive 2009/128/CE du Parlement européen et du conseil du 21 octobre 2009 instaurant un cadre d'action communautaire pour parvenir à une utilisation des pesticides compatible avec le développement durable.

- Directive 2014/27/UE du Parlement européen et du Conseil du 26 février 2014 modifiant les directives du Conseil 92/58/CEE, 92/85/CEE, 94/33/CE, 98/24/CE et la directive 2004/37/CE du Parlement européen et du Conseil afin de les aligner sur le règlement (CE) n°1272/2008 relatif à la classification, à l'étiquetage et à l'emballage des substances et des mélanges.
- Directive du Conseil du 12 juin 1989 concernant la mise en œuvre de mesures visant à promouvoir l'amélioration de la sécurité et de la santé des travailleurs au travail (89/391/CE).
- Directive du Conseil du 14 juin 1989 concernant le rapprochement des législations des États membres relatives aux machines (89/392/CEE).
- Directive du Conseil du 25 juillet 1985 relative au rapprochement des dispositions législatives, réglementaires et administratives des États membres en matière de responsabilité du fait des produits défectueux (85/374/CEE).
- Directive du Conseil du 27 novembre 1980 concernant la protection des travailleurs contre les risques liés à une exposition à des agents chimiques, physiques et biologiques pendant le travail (80/1107/CEE).
- Directive du Conseil du 28 juin 1990 concernant la protection des travailleurs contre les risques liés à l'exposition à des agents cancérigènes au travail (sixième directive particulière au sens de l'article 16 paragraphe 1 de la directive 89/391/CEE (90/394/CEE).
- Directive du Conseil du 28 mars 1983 prévoyant une procédure d'information dans le domaine des normes et réglementations techniques (83/189/CEE).
- Doussan, I. (2021). Pesticides à usage agricole ou produits phytopharmaceutiques. *JurisClasseur Environnement et Développement durable, Fasc. 4095*, 1-32.
- Drais, É., & Péliasse, J. (2017). Gérer les risques au travail : Place et rôle du droit dans le domaine des risques sanitaires. Présentation du dossier. *Gérer les risques au travail. Place et rôle du droit*, 2(96), 235-240. <https://doi.org/10.3917/drs.096.0235>
- Duarte, F. J. de C. M., Jackson Filho, J.-M., De Castro Maia, N., & Cordeiro, C. (2004). Application de normes pour la conception de salles de contrôle des navires plates-formes : Intérêts et limites. *39ème Congrès de la SELF*, 375-382.
- Dufumier, M. (2016). L'agriculture française de demain. *Pour*, 4(232), 261-267. <https://doi.org/10.3917/pour.232.0261>
- Duraffourg, J., & Vuillon, B. (2004). *Alain Wisner et les tâches du présent : La bataille du travail réel*. Octarès.
- EN 614-1:2006+A1:2009 Sécurité des machines—Principes ergonomiques de conception—Partie 1 : Terminologie et principes généraux.
- EN 614-2:2000+A1:2008 Sécurité des machines—Principes ergonomiques de conception—Partie 2 : Interactions entre la conception des machines et les tâches de travail.

- EN 15695-1:2017 Tracteurs agricoles et pulvérisateurs automoteurs—Protection de l'opérateur (conducteur) contre les substances dangereuses—Partie 1 : Classification des cabines, exigences et méthodes d'essais.
- EN 15695-2:2017 Tracteurs agricoles et pulvérisateurs automoteurs—Protection de l'opérateur (conducteur) contre les substances dangereuses—Partie 2 : Filtres, exigences et méthodes d'essais.
- EN 16590-1:2014 Tracteurs et matériels agricoles et forestiers—Parties des systèmes de commande relatives à la sécurité—Partie 1 : Principes généraux pour la conception et le développement.
- EN 16590-2:2014 Tracteurs et matériels agricoles et forestiers—Parties des systèmes de commande relatives à la sécurité—Partie 2 : Phase de projet.
- EN ISO 4254-1:2015 Matériel agricole—Sécurité—Partie 1 : Exigences générales.
- EN ISO 4254-6:2009 Matériel agricole—Sécurité—Partie 6 : Pulvérisateurs et distributeurs d'engrais liquides.
- EN ISO 12100:2010 Sécurité des machines—Principes généraux de conception—Appréciation du risque et réduction du risque.
- EN ISO 13857:2019 Sécurité des machines—Distances de sécurité empêchant les membres supérieurs et inférieurs d'atteindre les zones dangereuses.
- EN ISO 16119-1:2013 Matériel agricole et forestier—Exigences environnementales pour les pulvérisateurs—Partie 1 : Généralités.
- EN ISO 16119-2:2013 Matériel agricole et forestier—Exigences environnementales pour les pulvérisateurs—Partie 2 : Pulvérisateurs à rampe horizontale.
- EN ISO 16119-3:2013 Matériel agricole et forestier—Exigences environnementales pour les pulvérisateurs—Partie 3 : Pulvérisateurs pour arbustes et arboriculture.
- EN ISO 16119-4:2013 Matériel agricole et forestier—Exigences environnementales pour les pulvérisateurs—Partie 4 : Pulvérisateurs fixes et semi-mobiles.
- European Commission: Annexes to the Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on machinery products {SEC(2021) 165 final}—{SWD(2021) 82 final}—{SWD(2021) 83 final}.
- European Commission: Proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council on machinery products {SEC(2021) 165 final}—{SWD(2021) 82 final}—{SWD(2021) 83 final}.
- European Commission staff working document: Evaluation of the machinery directive {SWD(2018) 161 final}.



- European Commission staff working document: Impact assessment Accompanying the proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council on machinery products {COM(2021) 202 final}—{SEC(2021) 165 final}—{SWD(2021) 83 final}.
- Fadier, E., & De la Garza, C. (2006). Safety design: Towards a new philosophy. *Safety Science*, 44(1), 55-73. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2005.09.008>
- Fadier, E., Falconnet, E., Daille-Lefevre, B., Marsot, J., & Roignot, R. (2013). Conception des Machines : Intégrer la sécurité et la santé dès la rédaction du cahier des charges. *QUALITA2013*, 1-8.
- Falzon, P. (1996). Des objectifs de l'ergonomie. In F. Daniellou, *L'ergonomie en quête de ses principes. Débats épistémologiques* (pp. 233-242). Octarès.
- Falzon, P. (1998). La construction des connaissances en ergonomie : Éléments d'épistémologie. In M.-F. Dessaigne & I. Gaillard, *Des évolutions en ergonomie* (pp. 211-224). Octarès.
- Falzon, P. (2004). Nature, objectifs et connaissances de l'ergonomie. Éléments d'une analyse cognitive de la pratique. In P. Falzon, *Ergonomie* (pp. 15-35). Presses Universitaires de France. <https://doi.org/10.3917/puf.falzo.2004.01.0015>
- Falzon, P. (2005). Ergonomie, conception et développement. *40ème Congrès de la SELF*, 1-2.
- Falzon, P. (2013). Pour une ergonomie constructive. In P. Falzon, *Ergonomie constructive* (pp. 1-16). Presses Universitaires de France. <https://doi.org/10.3917/puf.falzo.2013.01.0001>
- Fantoni-Quinton, S. (2019). Santé au travail : Les sirènes de la simplification au détriment de la prévention. *Semaine Sociale Lamy, 1862*, 1-2.
- Fantoni-Quinton, S., & Verkindt, P.-Y. (2013). Obligation de résultat en matière de santé au travail. *Droit Social*, 3, 229-246.
- Fantoni-Quinton, S., & Verkindt, P.-Y. (2015). Charge de travail et qualité de vie au travail. *Droit Social*, 2, 106-112.
- Faverdin, P., Reboud, X., Baret, F., Bertuzzi, P., Chanzy, A., Gandon, N., Garcia, F., Guatteo, R., Joannon, A., & Meyer, M. (2020). Quelle contribution des agroéquipements et du numérique à l'agroécologie ? In T. Caquet, C. Gascuel, & M. Tixier-Boichard, *L'agroécologie : Des recherches pour la transition des filières et des territoires*. (pp. 81-94). Quæ « Update Sciences & Technologies ».
- 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, *Ergonomie* (pp. 251-268). Presses Universitaires de France. <https://doi.org/10.3917/puf.falzo.2004.01.0251>

- Fourche, R. (2004). *Contribution à l'histoire de la protection phytosanitaire dans l'agriculture française (1880-1970)* [Thèse de doctorat en histoire]. Université Lumière Lyon 2.
- Fredj, J. (2021). *Étude exploratoire de l'activité de semis des agriculteurs* [Mémoire de Master en ergonomie]. Université Lumière Lyon 2.
- Freire, C., & Koifman, S. (2012). Pesticide exposure and Parkinson's disease: Epidemiological evidence of association. *NeuroToxicology*, 33(5), 947-971. <https://doi.org/10.1016/j.neuro.2012.05.011>
- Friant, L. (2021a). Dommages causés par le Lasso : Clap de fin pour Monsanto. *Revue Lamy Droit Civil*, 190, 1-8.
- Friant, L. (2021b). Le fonds d'indemnisation des victimes de pesticides (FIVP). *RDSS*, 2, 265-276.
- Frydman, B. (2012). Comment penser le droit global ? In J.-Y. Chérot & B. Frydman, *La science du droit dans la globalisation* (pp. 17-48). Bruylant.
- Frydman, B. (2013). Prendre les standards et les indicateurs au sérieux. In B. Frydman & A. Van Waeyenberge, *Gouverner par les standards et les indicateurs. De hume aux rankings* (pp. 5-62). Bruylant.
- 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., Audignon, S., Witschger, O., Bau, S., Judon, N., Lacourt, A., & Garrigou, A. (2020). What does ergonomics have to do with nanotechnologies? A case study. *Applied Ergonomics*, 87, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2020.103116>
- 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. <https://doi.org/10.4000/activites.4103>
- Gamet, L. (2021). *Droit pénal de la sécurité et de la santé au travail*. LexisNexis.
- Garnier, S. (2019). *Droit du travail et prévention. Contribution à l'étude d'un nouveau paradigme* [Thèse de doctorat en droit]. Université de Nantes.
- Garrigou, A. (1992). *Les apports des confrontations d'orientations 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. (2021). L'ergonomie et les confrontations hétérogènes avec des modèles technico-réglementaires : Le cas de la prévention aux expositions aux pesticides pour les agriculteurs. *55ème Congrès de la SELF*, 570-575.
- Garrigou, A., Baldi, I., & Dubuc, P. (2008). Apports de l'ergotoxicologie 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, 1-20. <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., Daniellou, F., Carballeda, G., & Ruaud, S. (1995). Activity analysis in participatory design and analysis of participatory design activity. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 15(5), 311-327. [https://doi.org/10.1016/0169-8141\(94\)00079-I](https://doi.org/10.1016/0169-8141(94)00079-I)
- Garrigou, A., & Guichard, L. (2017). *De la diversité des déterminants des expositions aux pesticides aux leviers d'action* [Rapport d'expertise ANSES]. Expositions professionnelles aux pesticides en agriculture. Vers quel agenda de recherche ?
- Garrigou, A., Laurent, C., Berthet, A., Colosio, C., Jas, N., Daubas-Letourneux, V., Jackson Filho, J.-M., Jouzel, J.-N., Samuel, O., Baldi, I., Lebailly, P., Galey, L., Goutille, F., & Judon, N. (2020). Critical review of the role of PPE in the prevention of risks related to agricultural pesticide use. *Safety Science*, 123, 1-24. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.104527>
- Garrigou, A., Peeters, S., Jackson, M., Sagory, P., & Carballeda, G. (2004). Apports de l'ergonomie à la prévention des risques professionnels. In P. Falzon, *Ergonomie* (pp. 497-514). Presses Universitaires de France. <https://doi.org/10.3917/puf.falzo.2004.01.0497>
- Garrigou, A., & Peissel-Cottenaz, G. (2008). Reflexive approach to the activity of preventionists and their training needs: Results of a French study. *Safety Science*, 46(8), 1271-1288. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2007.07.006>
- 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, 1-20. <https://doi.org/10.4000/pistes.3725>
- Garza, C. de la, & Fadier, E. (2004). Sécurité et prévention : Repères juridiques et ergonomiques. In P. Falzon, *Ergonomie* (pp. 159-174). Presses Universitaires de France. <https://doi.org/10.3917/puf.falzo.2004.01.0159>

- Gauthier, F., Chinniah, Y., Abdul-Nour, G., Jocelyn, S., Aucourt, B., Bordeleau, G., & Ben Mosbah, A. (2021). Practices and needs of machinery designers and manufacturers in safety of machinery: An exploratory study in the province of Quebec, Canada. *Safety Science*, 133, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.105011>
- Germain, C., Deleurence, P., Juge, V., Piechnik, B., & Vacherias, J.-F. (2004). Une norme tient-elle compte de l'activité réelle ? Un exemple d'application dans les engins de déneigement. *39ème Congrès de la SELF*, 113-120.
- Geslin, P. (2002). Les formes sociales d'appropriations des objets techniques, ou le paradigme anthropotechnologique. *Ethnographiques.org*, 1, 1-33.
- Gilbert, C. (2003). La fabrique des risques. *Cahiers Internationaux de Sociologie*, 1(114), 55-72. <https://doi.org/10.3917/cis.114.0055>
- Goel, V., & Pirolli, P. (1989). Design within Information-Processing Theory: The Design Problem Space. *AI Magazine*, 10(1), 18-36.
- Goltzberg, S. (2018). *Les sources du droit*. Presses Universitaires de France.
- Goutille, F. (2022). *Ne plus ignorer les agriculteurs : Une contribution de l'ergonomie à la prévention du risque pesticides en milieu viticole* [Thèse de doctorat en ergonomie]. Bordeaux.
- Grimonprez, B. (2020). Protection des riverains des épandages de pesticides : Il n'y a pas urgence. *Droit de l'Environnement. La revue du développement durable*, 290, 214-219.
- Grimonprez, B., & Bouchemat, I. (2020). Pesticides et riverains : L'impossible conciliation juridique ? *La Semaine Juridique-Édition Générale*.
- Guérin, F., Laville, A., Daniellou, F., Duraffourg, J., & Kerguelen, A. (2006). *Comprendre le travail pour le transformer la pratique de l'ergonomie*. ANACT.
- Guérin, F., Pueyo, V., Béguin, P., Garrigou, A., Hubault, F., Maline, J., & Morlet, T. (2021). *Concevoir le travail, le défi de l'ergonomie*. Octarès.
- Guichard, L., Dedieu, F., Jeuffroy, M.-H., Meynard, J.-M., Reau, R., & Savini, I. (2017). Le plan Ecophyto de réduction d'usage des pesticides en France : Décryptage d'un échec et raisons d'espérer. *Cahiers Agricultures*, 26(1), 1-12. <https://doi.org/10.1051/cagri/2017004>
- Hauert, C. (2015). Le rôle des normes techniques. In A. Thébaud-Mony, P. Davezies, L. Vogel, & S. Volkoff, *Les risques du travail. Pour ne pas perdre sa vie à la gagner* (pp. 491-494). La Découverte. <https://doi.org/10.3917/dec.theba.2015.01.0491>
- Henry, E. (2017). *Ignorance scientifique et inaction publique*. Presses de Sciences Po.
- Houmy, K. (1994). Importance des conditions climatiques dans l'application des produits phytosanitaires. *Revue ANAFIDE*, 97(6), 34-40.

- Hsu, J. P., Wheeler, H. G., Camann, D. E., Schattenberg, H. J., Lewis, R. G., & Bond, A. E. (1988). Analytical Methods for Detection of Nonoccupational Exposure to Pesticides. *Journal of Chromatographic Science*, 26(4), 181-189. <https://doi.org/10.1093/chromsci/26.4.181>
- Hubault, F., & Bourgeois, F. (2004). Disputes sur l'ergonomie de la tâche et de l'activité, ou la finalité de l'ergonomie en question. *Activités*, 1(1), 34-53. <https://doi.org/10.4000/activites.1149>
- ISO 8996:2021 Ergonomie de l'environnement thermique—Détermination du métabolisme énergétique.
- ISO 11064:2008 Conception ergonomique des centres de commande.
- ISO 26800:2011 Ergonomie—Approche générale, principes et concepts.
- Jas, N. (2007). Public health and pesticide regulation in France before and after Silent Spring. *History and Technology*, 23(4), 369-388. <https://doi.org/10.1080/07341510701527435>
- Jas, N. (2008). Pesticides et santé des travailleurs agricoles en France au cours des années 1950-1960. *Sciences, Chercheurs et Agriculture*, 223-246.
- Jas, N. (2010). Pesticides et santé des travailleurs agricoles en France. Questions anciennes, nouveaux enjeux. *Le Courrier de l'Environnement de l'INRA*, 59(59), 47-59.
- Jas, N. (2015). Agnotologie. In E. Henry, C. Gilbert, J.-N. Jouzel, & P. Marichalar, *Dictionnaire critique de l'expertise* (pp. 33-40). Presses de Sciences Po. <https://doi.org/10.3917/scpo.henry.2015.01.0033>
- Jas, N., & Jouzel, J.-N. (2015). Ignorance. In E. Henry, C. Gilbert, J.-N. Jouzel, & P. Marichalar, *Dictionnaire critique de l'expertise* (pp. 172-180). Presses de Sciences Po. <https://doi.org/10.3917/scpo.henry.2015.01.0172>
- Jeammaud, A., & Serverin, É. (1992). Évaluer le droit. *Recueil Dalloz*, 263-269.
- Jolly, C. (2022). *Les pratiques professionnelles des propriétaires exploitants agricoles, ressources pour limiter l'exposition cutanée aux pesticides ?* [Thèse de doctorat en ergonomie]. Québec à Montréal.
- 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 de recherche R-1132 ; Rapport scientifique). IRSST.
- Jourdain, P. (2021). La mise en circulation du produit par un producteur assimilé (à propos de la responsabilité de Monsanto dans l'intoxication d'un agriculteur par un herbicide). *RTD civ*, 1, 155-157.
- 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.

- Jouzel, J.-N. (2009). Encombrantes victimes. Pourquoi les maladies professionnelles restent-elles socialement invisibles en France? *Sociologie du Travail*, 51(3), 402-418. <https://doi.org/10.4000/sdt.16870>
- Jouzel, J.-N. (2020). L'évaluation des risques des pesticides : Entre science et fiction d'action publique. *LIEPP Policy Brief*, 48, 1-8. <https://doi.org/10.25647/liepp.pb.48>
- Jouzel, J.-N., & Dedieu, F. (2013). Rendre visible et laisser dans l'ombre. *Revue Française de Science Politique*, 63(1), 29-49.
- Jouzel, J.-N., & Prete, G. (2013). De l'intoxication à l'indignation. *Terrains Travaux*, 1, 59-76. <https://doi.org/10.3917/tt.022.0059>
- Jouzel, J.-N., & Prete, G. (2014). Devenir victime des pesticides. Le recours au droit et ses effets sur la mobilisation des agriculteurs Phyto-victimes. *Sociologie du Travail*, 56(4), 435-453. <https://doi.org/doi.org/10.4000/sdt.2235>
- Jouzel, J.-N., & Prete, G. (2015). Mettre en mouvement les agriculteurs victimes des pesticides. *Politix*, 3, 175-196. <https://doi.org/10.3917/pox.111.0175>
- Jouzel, J.-N., & Prete, G. (2017). La normalisation des alertes sanitaires. Le traitement administratif des données sur l'exposition des agriculteurs aux pesticides. *Droit et Société*, 2, 241-256. <https://doi.org/10.3917/drs.096.0241>
- 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, 1-30. <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>
- Kamel, F., Tanner, C., Umbach, D., Hoppin, J., Alavanja, M., Blair, A., Comyns, K., Goldman, S., Korell, M., Langston, J., Ross, G., & Sandler, D. (2006). Pesticide exposure and self-reported parkinson's disease in the agricultural health study. *American Journal of Epidemiology*, 165(4), 364-374. <https://doi.org/10.1093/aje/kwk024>
- Kamilaris, A., Kartakoullis, A., & Prenafeta-Boldú, F. X. (2017). A review on the practice of big data analysis in agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 143, 23-37. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.09.037>

- Kaminaka, M. S., Rehkugler, G. E., & Gunkel, W. W. (1981). Visual monitoring in a simulated agricultural machinery operation. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 23(2), 165-173. <https://doi.org/10.1177/001872088102300204>
- Kauppinen, T. P., Partanen, T. J., Hernberg, S. G., Nickels, J. I., Luukkonen, R. A., Hakulinen, T. R., & Pukkala, E. I. (1993). Chemical exposures and respiratory cancer among Finnish woodworkers. *Occupational and Environmental Medicine*, 50(2), 143-148. <https://doi.org/10.1136/oem.50.2.143>
- Kim, K.-H., Kabir, E., & Jahan, S. A. (2017). Exposure to pesticides and the associated human health effects. *Science of The Total Environment*, 575, 525-535. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.009>
- King, A. (2017). Technology: The future of agriculture. *Nature*, 544(7651), S21-S23. <https://doi.org/10.1038/544S21a>
- Kline, A. A., Landers, A. J., Hedge, J., Lemley, A. T., Obendorf, S. K., & Dokuchayeva, T. (2003). Pesticide exposure levels on surfaces within sprayer cabs. *Applied Engineering in Agriculture*, 19(4), 397-403. <https://doi.org/10.13031/2013.14916>
- Komarek, A. M., De Pinto, A., & Smith, V. H. (2020). A review of types of risks in agriculture: What we know and what we need to know. *Agricultural Systems*, 178, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.102738>
- Kumar, A., Varghese, M., & Mohan, D. (2000). Equipment-related injuries in agriculture: An international perspective. *Injury Control and Safety Promotion*, 7(3), 175-186. [https://doi.org/10.1076/1566-0974\(200009\)7:3;1-N;FT175](https://doi.org/10.1076/1566-0974(200009)7:3;1-N;FT175)
- Lacroix, D., Garrigou, A., Maline, J., Hamon, K., Mérin, S., Pasquereau, P., & Bernon, J. (2011). Les apports à la prévention d'une approche multicritères et pluridisciplinaire des expositions aux pesticides. *46ème congrès de la SELF*, 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. *48ème congrès de la SELF*, 480-488.
- Lambert, E. (2020). Le contentieux américain des victimes de l'exposition au glyphosate. *Revue Juridique de l'Environnement*, HS20, 201-213.
- Lambert, M., Richardson, J., & Grimbuhler, S. (2012). Pesticide exposure and sprayer's task goals: Comparison between vineyards and greenhouses. *Work*, 41, 4995-5002. <https://doi.org/10.3233/WOR-2012-0045-499>
- Lamonde, F., Richard, J.-G., Langlois, L., Vinet, A., & Dallaire, J. (2008). Optimiser les situations de travail (efficacité et sécurité) en conception : Une recherche sur la pratique des ingénieurs. *Revue Internationale sur l'Ingénierie des Risques Industriels*, 1(1), 21-33.
- Lanouzière, H. (2019). Adapter le travail à l'homme : La portée pratique et juridique insoupçonnée d'un principe essentiel de la santé au travail. *Semaine Sociale Lamy*, 8(1873), 1-7.

- 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.
- Laville, A. (1998). Les silences de l'ergonomie vis-à-vis de la santé. *2ème journées de la SELF*, 151-158.
- Le Corre, G. (2015). L'inspection du travail face aux infractions du Code du travail. In Annie Thébaud-Mony, P. Davezies, L. Vogel, & S. Volkoff, *Les risques du travail. Pour ne pas perdre sa vie à la gagner* (pp. 467-470). La Découverte. <https://doi.org/10.3917/dec.theba.2015.01.0467>
- 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. <https://doi.org/10.1093/annhyg/men072>
- Lebailly, P., Niez, E., & Baldi, I. (2007). Données épidémiologiques sur le lien entre cancers et pesticides. *Oncologie*, 9(5), 361-369. <https://doi.org/10.1007/s10269-007-0637-x>
- 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. <https://doi.org/10.2307/40657805>
- Leon, M. E., Schinasi, L. H., Lebailly, P., Beane Freeman, L. E., Nordby, K.-C., Ferro, G., Monnereau, A., Brouwer, M., Tual, S., & Baldi, I. (2019). Pesticide use and risk of non-Hodgkin lymphoid malignancies in agricultural cohorts from France, Norway and the USA: A pooled analysis from the AGRICOH consortium. *International Journal of Epidemiology*, 48(5), 1519-1535. <https://doi.org/10.1093/ije/dyz017>
- Leplat, J. (2004). L'analyse psychologique du travail. *European Review of Applied Psychology*, 54(2), 101-108. <https://doi.org/10.1016/j.erap.2003.12.006>
- Leplat, J. (2006). La notion de régulation dans l'analyse de l'activité. *Perspectives Interdisciplinaires sur le Travail et la Santé*, 8-1, 11-50. <https://doi.org/10.4000/pistes.3101>
- Lerbourg, J., & Dedieu, M.-S. (2016). L'équipement des exploitations agricoles : Un recours à la propriété moins marqué pour les machines spécialisées. *Agreste - Primeur*, 334, 8.
- Lerouge, L. (2016). Portée et sens de la ratification par la France de la convention de l'OIT n°187 relative au cadre promotionnel pour la sécurité et la santé au travail. *Droit Social*, 5, 454-456.
- Lerouge, L. (2021a). Normes de l'OIT et portée de la fonction attribuée aux organisations syndicales en matière de santé au travail. In N. Maggi-Germain, *L'impact des normes de l'OIT sur la scène internationale* (pp. 261-273). Mare & Martin.
- Lerouge, L. (2021b). Droit étatique et processus de normalisation : Quelles relations possibles en santé et sécurité au travail ? *Communitas*, 1(2), 1-22.



- Lerouge, L. (2021c). La santé au travail : Quelle articulation entre enjeux éthiques et juridiques. In A. Charbonneau, O. Fotinopoulou-Basurko, & F. Mandin, *Le travail et la mer* (pp. 351-358). Pedone.
- Leroy, Y. (2011). La notion d'effectivité du droit. *Droit et Société*, 3, 715-732. <https://doi.org/10.3917/drs.079.0715>
- Lerro, C. C., Freeman, L. E. B., DellaValle, C. T., Andreotti, G., Hofmann, J. N., Koutros, S., Parks, C. G., Shrestha, S., Alavanja, M. C., & Blair, A. (2020). Pesticide exposure and incident thyroid cancer among male pesticide applicators in agricultural health study. *Environment International*, 146, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106187>
- Lhuillier, D. (2010). L'invisibilité du travail réel et l'opacité des liens santé-travail. *Sciences Sociales et Santé*, 28(2), 31-63. <https://doi.org/10.3917/sss.282.0031>
- Lucas, M. (2016). L'usage par les juges français des connaissances scientifiques sur la dangerosité des pesticides. *VertigO - La revue électronique en sciences de l'environnement, Hors-série 27*, 1-14. <https://doi.org/10.4000/vertigo.17869>
- Macary, F., Guerendel, F., & Alonso Ugaglia, A. (2020). Quels apports de la littérature pour comprendre et construire la transition agroécologique en viticulture? *Cahiers Agricultures*, 29, 38-49. <https://doi.org/10.1051/cagri/2020035>
- MacFarlane, E., Carey, R., Keegel, T., El-Zaemay, S., & Fritschi, L. (2013). Dermal exposure associated with occupational end use of pesticides and the role of protective measures. *Safety and Health at Work*, 4(3), 136-141. <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2013.07.004>
- Machenaud, G., Klein, P., Terrien, F., & Pasco, E. (2014). *Agroéquipement et triple performance. Freins et leviers pour la transition écologique*. Centre d'Études et de Prospective du ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt (MAAF).
- Magnan, A. (2022). *Le développement du salariat précaire dans l'agriculture française : Une approche d'économie institutionnelle* [Thèse de doctorat en sciences économiques]. Université Paris-Saclay.
- Maline, J. (1994). *Simuler le travail. Une aide à la conduite de projet*. ANACT.
- Martin, A. (2016). La production des savoirs sur les pesticides dans la réglementation européenne. *VertigO - La revue électronique en sciences de l'environnement, Hors-série 27*, 1-38. <https://doi.org/10.4000/vertigo.17878>
- Mias, A., Legrand, E., Carricaburu, D., Féliu, F., & Jamet, L. (2013). *Le travail de prévention les relations professionnelles face aux risques cancérigènes*. Octarès.
- Millot, M. (2015). L'inspection du travail. In Annie Thébaud-Mony, P. Davezies, L. Vogel, & S. Volkoff, *Les risques du travail. Pour ne pas perdre sa vie à la gagner* (pp. 455-462). La Découverte. <https://doi.org/10.3917/dec.theba.2015.01.0455>

- Miné, M. (2017). À propos d'organisations du travail et d'évolutions du droit du travail. In N. Chaignot Delage & C. Dejours, *Clinique du travail et évolutions du droit* (pp. 423-469). Presses Universitaires de France. <https://doi.org/10.3917/puf.dejou.2017.03.0423>
- Mione, A. (2017). Puissance et impuissance des normes techniques. In J. Le Goff & S. Onnée, *Puissances de la norme : Défis juridiques et managériaux des systèmes normatifs contemporains* (pp. 123-138). Éditions Management et Société. <https://doi.org/10.3917/ems.legof.2017.01.0123>
- 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. (2006). Concept and methods in ergotoxicology. *International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors*, 1, 698-705.
- Mohammed-Brahim, B. (2009). Travailler en présence de substances toxiques : Un corps à corps au quotidien. *Corps*, 6(1), 53-59. <https://doi.org/10.3917/corp.006.0053>
- Mohammed-Brahim, B. (2015a). Agriculture et pesticides : Constats et pistes d'action. In A. Thébaud-Mony, P. Davezies, L. Vogel, & S. Volkoff, *Les risques du travail. Pour ne pas perdre sa vie à la gagner* (pp. 291-294). La Découverte. <https://doi.org/10.3917/dec.theba.2015.01.0291>
- Mohammed-Brahim, B. (2015b). L'ergotoxicologie ou comment aborder le risque chimique du point de vue de l'activité du travail. *Actes de la troisième Conférence internationale sur les applications de l'ergonomie dans les pays en voie de développement*, 103-108.
- 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. (2018). Ergotoxicologie : État de l'art. *53ème Congrès de la SELF*, 371-375.
- Mohammed-Brahim, B., Garrigou, A., & Pasquereau, P. (2003). Quelles formes d'analyse de l'activité de travail en ergotoxicologie ? *38ème Congrès de la SELF*, 467-474.
- Mollo, V., & Falzon, P. (2004). Auto- and allo-confrontation as tools for reflective activities. *Applied Ergonomics*, 35(6), 531-540. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2004.06.003>
- Montmollin, M. (1984). *L'intelligence de la tâche. Éléments d'ergonomie cognitive*. Peter Lang.
- Montmollin, M. (1997). *Sur le travail. Choix de textes (1967-1997)*. Octarès.
- Nesheim, O. N., Fishel, F.-M., & Mossler, M. (2005). Toxicity of pesticides. *EDIS*, 2005(8), 1-6.

- NF ISO 5682-4:2021 Matériel de protection des cultures—Matériel de pulvérisation- Partie 4 : Méthodes d'essai du système d'agitation des cuves du pulvérisateur.
- NF ISO 22368-1:2004 Matériel de protection des cultures—Méthodes d'essai pour l'évaluation des systèmes de nettoyage—Partie 1 : Nettoyage interne de la totalité du pulvérisateur.
- NF ISO 22368-2:2004 Matériel de protection des cultures—Méthodes d'essai pour l'évaluation des systèmes de nettoyage—Partie 2 : Nettoyage externe des pulvérisateurs.
- NF ISO 22368-3:2004 Matériel de protection des cultures—Méthodes d'essai pour l'évaluation des systèmes de nettoyage—Partie 3 : Nettoyage interne du réservoir.
- NF P98-792 Matériels de viabilité hivernale et d'entretien des dépendances routières—Position des commandes en cabine—Caractéristiques et spécifications.
- Nicourt, C., & Girault, J. (2009). Le coût humain des pesticides : Comment les viticulteurs et les techniciens viticoles français font face au risque. *VertigO - La revue électronique en sciences de l'environnement*, 9(3), 1-12.
- Oddone, I. (1984). La compétence professionnelle élargie. *Revue Société Française*, 10, 28-33.
- Oddone, I., Re, A., Briante, G., & Clot, Y. (2015). *Redécouvrir l'expérience ouvrière*. Éditions sociales.
- Ombredane, A., & Faverge, J.-M. (1955). *L'analyse du travail*. Presses Universitaires de France.
- Partanen, T., Kauppinen, T., Nurminen, M., Nickels, J., Hernberg, S., Hakulinen, T., Pukkala, E., & Savonen, E. (1985). Formaldehyde exposure and respiratory and related cancers: A case-referent study among Finnish woodworkers. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 409-415. <https://doi.org/10.2307/40965703>
- Petit, F., & Garnier, S. (2021). *La responsabilité sociale de l'employeur*. Gualino.
- Piel, C., Pouchieu, C., Tual, S., Migault, L., Lemarchand, C., Carles, C., Boulanger, M., Gruber, A., Rondeau, V., Marcotullio, E., Lebailly, P., & Baldi, I. (2018). Tumeurs du système nerveux central et expositions agricoles dans la cohorte AGRICAN. *Archives des Maladies Professionnelles et de l'Environnement*, 79(4), 562. <https://doi.org/10.1016/j.admp.2018.05.007>
- Plan santé au travail, 2021-2025*. [Ministère du travail, de l'emploi, de la formation professionnelle et du dialogue social].
- Prevot-Carpentier, M. (2013). *Les « conditions de travail » : Proposition de modélisation pour l'usage. Entre épistémologie et philosophie sociale, un mode de traitement ergologique du concept* [Thèse de doctorat en philosophie]. Université d'Aix-Marseille.
- 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, *Entre connaissance et organisation : L'activité collective* (pp. 251-265). La Découverte. <https://doi.org/10.3917/dec.lorin.2005.01.0251>
- Rabardel, P., Carlin, N., Chesnais, M., Lang, N., Le Joliff, G., & Pascal, M. (1998). *Ergonomie : Concepts et méthodes*. Octarès.
- Rahmaninikoo, A. (2022). *La notion d'exposition* [Mémoire de master en droit social]. Université de Bordeaux.
- Rambourg, M.-O. (2018). La toxicovigilance en milieu agricole : Le réseau phyt'attitude. *Vigil'Anses*, 15-18.
- 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>
- Ramwell, C. T., Johnson, P. D., & Corns, H. (2006). Transferability of Six Pesticides from Agricultural Sprayer Surfaces. *The Annals of Occupational Hygiene*, 50(3), 323-329. <https://doi.org/10.1093/annhyg/mei074>
- Rani, L., Thapa, K., Kanojia, N., Sharma, N., Singh, S., Grewal, A. S., Srivastav, A. L., & Kaushal, J. (2020). An extensive review on the consequences of chemical pesticides on human health and environment. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124657>
- Re, A. (2014). Préface à l'ouvrage « Défis actuels, passés et futures : Le parcours d'Ivar Oddone ». *Ergologia*, 12, 149-160.
- Règlement (CE) n°1107/2009 du Parlement européen et du Conseil du 21 octobre 2009 concernant la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques et abrogeant les directives 79/117/CEE et 91/414/CEE du Conseil.
- Règlement (CE) n°1272/2008 du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 relatif à la classification, à l'étiquetage et à l'emballage des substances et des mélanges, modifiant et abrogeant les directives 67/548/CEE et 1999/45/CE et modifiant le règlement (CE) n° 1907/2006.
- Règlement délégué (UE) n°1322/2014 de la Commission du 19 septembre 2014 complétant et modifiant le règlement (UE) n°167/2013 du Parlement européen et du Conseil en ce qui concerne la construction des véhicules et les prescriptions générales relatives à la réception des véhicules agricoles et forestiers.
- Règlement (UE) 2018/848 du Parlement européen et du Conseil du 30 mai 2018 relatif à la production biologique et à l'étiquetage des produits biologiques, et abrogeant le règlement (CE) n°834/2007 du Conseil.

- Règlement (UE) 2019/1020 du Parlement européen et du Conseil du 20 juin 2019 sur la surveillance du marché et la conformité des produits, et modifiant la directive 2004/42/CE et les règlements (CE) n°765/2008 et (UE) n°305/2011.
- Règlement (UE) 2019/1021 du Parlement européen et du Conseil du 20 juin 2019 concernant les polluants organiques persistants (refonte).
- Règlement (UE) n° 284/2013 de la Commission du 1er mars 2013 établissant les exigences en matière de données applicables aux produits phytopharmaceutiques, conformément au règlement (CE) n°1107/2009 du Parlement européen et du Conseil concernant la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques.
- Règlement (UE) n°167/2013 du Parlement européen et du conseil du 5 février 2013 relatif à la réception et à la surveillance du marché des véhicules agricoles et forestiers.
- Règlement (UE) n°283/2013 de la Commission du 1er mars 2013 établissant les exigences en matière de données applicables aux substances actives, conformément au règlement (CE) n°1107/2009 du Parlement européen et du Conseil concernant la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques.
- Règlement (UE) n°649/2012 du Parlement européen et du Conseil du 4 juillet 2012 concernant les exportations et importations de produits chimiques dangereux (refonte).
- Rey, F., & De Gastines, C. (2009). *1989-2009. Vingt ans de directive Machines. Vingt ans d'actions syndicales pour améliorer les normes*. European Trade Union Institute.
- Rivollier, V. (2022). Le fonds d'indemnisation des victimes des pesticides, ou l'émergence d'un nouveau régime de maladies professionnelles. *Droit Social*, 5, 449-460.
- Romano, D. (2015). Les limites des valeurs limites. In Annie Thébaud-Mony, P. Davezies, L. Vogel, & S. Volkoff, *Les risques du travail. Pour ne pas perdre sa vie à la gagner* (pp. 495-499). La Découverte. <https://doi.org/10.3917/dec.theba.2015.01.0495>
- Ruwet, C. (2017). Pour en finir avec la confusion entre normes et standards. Quelques repères pour situer la normalisation dans l'espace-temps normatif. In J. Le Goff & S. Onnée, *Puissances de la norme : Défis juridiques et managériaux des systèmes normatifs contemporains* (pp. 53-71). Éditions Management et Société. <https://doi.org/10.3917/ems.legof.2017.01.0053>
- Salaris, C. (2014). Agriculteurs victimes des pesticides : Une nouvelle mobilisation collective en santé au travail. *La Nouvelle Revue du Travail*, 4, 1-21. <https://doi.org/10.4000/nrt.1480>
- Sangaré, A., Gauthier, F., & Abdul-Nour, G. (2012). Investigation of the adoption and use of standards and regulations by machinery manufacturers. *International Journal of Reliability, Quality and Safety Engineering*, 19(03), 1-22. <https://doi.org/10.1142/S0218539312500155>
- Sapbamrer, R., & Thammachai, A. (2020). Factors affecting use of personal protective equipment and pesticide safety practices: A systematic review. *Environmental Research*, 185, 1-23. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109444>

- Schwartz, Y. (1999). La communauté scientifique élargie et le régime de production des savoirs. *Les Territoires du Travail - Les Continents de l'Expérience*, 208, 79-87.
- Schwartz, Y. (2009). Produire des savoirs entre adhérence et désadhérence. In P. Béguin & M. Cerf, *Dynamique des savoirs, dynamique des changements* (pp. 15-28). Octarès.
- Sparrow, R., & Howard, M. (2020). Robots in agriculture: Prospects, impacts, ethics, and policy. *Precision Agriculture*, 1-16. <https://doi.org/10.1007/s11119-020-09757-9>
- St-Vincent, M., Vézina, N., Bellemare, M., Denis, D., Ledoux, É., & Imbeau, D. (2011). *L'intervention en ergonomie*. MultiMondes.
- Supiot, A. (1994). *Critique du droit du travail*. Presses Universitaires de France.
- Supiot, A. (2011). Les figures de la norme. In A. Supiot, *Critique du droit du travail* (pp. 229-254). Presses Universitaires de France.
- Supiot, A. (2019). *Le droit du travail*. Presses Universitaires de France.
- Supiot, A., & Vacarie, I. (1993). Santé, sécurité et libre circulation des marchandises, règles juridiques et normes techniques. *Droit Social*, 18-30.
- Sznelwar, 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.
- Tauran, T. (2012). Salariés agricoles. *JurisClasseur Travail Traité, Fasc. 7-10*, 1-44.
- Teiger, C. (1993). L'approche ergonomique : Du travail humain à l'activité des hommes et des femmes au travail. *Éducation Permanente*, 116, 71-96.
- Teiger, C., Barbaroux, L., David, M., Duraffourg, J., Galisson, M.-T., Laville, A., & Thareaut, L. (2006). Quand les ergonomes sont sortis du laboratoire.... À propos du travail des femmes dans l'industrie électronique (1963–1973). Rétro-réflexion collective sur l'origine d'une dynamique de coopération entre action syndicale et recherche-formation-action. *Perspectives Interdisciplinaires sur le Travail et la Santé*, 8-2, 1-50. <https://doi.org/10.4000/pistes.3045>
- Thébaud-Mony, A. (2006). Histoires professionnelles et cancer. *Actes de la Recherche en Sciences Sociales*, 3, 18-31. <https://doi.org/10.3917/arss.163.0018>
- Thébaud-Mony, A. (2008). *Travailler peut nuire gravement à votre santé*. La Découverte.
- Thébaud-Mony, A. (2012). Risques industriels, effets différés et probabilistes : Quels critères pour quelle preuve ? In A. Thébaud-Mony, V. Daubas-Letourneux, N. Frigul, & P. Jobin, *Santé au travail : Approches critiques* (pp. 21-39). La Découverte. <https://doi.org/10.3917/dec.theba.2012.01.0021>
- Theureau, J., & Pinsky, L. (1984). Paradoxe de l'ergonomie de conception et logiciel informatique. *Revue des conditions de travail*, 9, 25-31.

- Thevenot, G. (2014). *De la prévention des risques au changement des pratiques agricoles : Les limites du droit de la protection phytosanitaire* [Thèse de doctorat en droit]. Université de Nice Sophia Antipolis.
- Thévenot, L. (1997). Un gouvernement par les normes. *Pratiques et Politiques des Formats*, 205-241.
- Thibierge, C. (2003). Le droit souple. Réflexion sur les textures du droit. *RTD civ*, 599-621.
- Thibierge, C. (2013). *La densification normative. Découverte d'un processus*. Mare & Martin.
- Thibierge, C. (2017). Postface : Puissances de la norme et densification normative. In J. Le Goff & S. Onnée, *Puissances de la norme : Défis juridiques et managériaux des systèmes normatifs contemporains* (pp. 195-208). Éditions Management et Société. <https://doi.org/10.3917/ems.legof.2017.01.0195>
- Trinquet, P. (2009). Pourquoi toujours autant de dégâts du travail ? In P. Trinquet, *Prévenir les dégâts du travail : L'ergoprévention* (pp. 61-86). Presses Universitaires de France.
- Van Belleghem, L., Pecot, P., Mary Dit Cordier, A., Barbet-Detraye, R., & Tourne, M. (2011). Des déterminants de l'entreprise aux macro-déterminants : À quelle échelle agir sur le risque professionnel ? *46ème congrès de la SELF*, 490-496.
- Van Waeyenberge, A. (2018). La normalisation technique en Europe. L'Empire (du droit) contre-attaque. *Revue Internationale de Droit Économique*, t. XXXII(3), 305-317. <https://doi.org/10.3917/ride.323.0305>
- Vanuls, C. (2018). La protection des travailleurs agricoles et les maladies phytosanitaires. In M.-L. Demeester & V. Mercier, *L'agriculture durable Tome II : De la production agricole à une alimentation responsable* (pp. 367-386). Presses Universitaires d'Aix-Marseille.
- Véricel, M. (2021a). La santé, la sécurité et la responsabilité de l'entreprise. In P. Bailly, M. Blatman, G. Pignarre, & M. Véricel, *Conditions de travail* (pp. 228-232). Dalloz.
- Véricel, M. (2021b). La loi Santé au travail du 2 août 2021 renforce-t-elle réellement la prévention en santé au travail ? *Revue de Droit du Travail*, 12, 689-701.
- Verkindt, P. Y. (2015). L'irrésistible ascension du droit de la santé au travail. *JCP S*, 1243, 45-48.
- Verkindt, P.-Y. (2017). Pratique du juge et interprétation des normes : Regards historique et contemporain sur la construction du droit de la santé au travail. In N. Chaignot Delage & C. Dejours, *Clinique du travail et évolutions du droit* (pp. 63-90). Presses Universitaires de France. <https://doi.org/10.3917/puf.dejou.2017.03.0063>
- Verkindt, P.-Y. (2020). La notion de charge de travail, clé de voûte du principe d'adaptation du travail à l'homme. *Revue de Jurisprudence Sociale*, 3(20).

- Verkindt, P.-Y. (2021). Adapter le travail à l'homme : Centralité du travail ou centralité de l'homme au travail. In A. Charbonneau, O. Fotinopoulou-Basurko, & F. Mandin, *Le travail et la mer* (pp. 343-350). Pedone.
- Villate, R. (1985). Toxicologie et ergonomie. In B. Cassou, D. Huez, M. Mousel, C. Spitzer, & A. Touranchet, *Les risques du travail. Pour ne pas perdre sa vie à la gagner* (Vol. 1-Paris, pp. 301-303). La Découverte.
- Wezel, A., Bellon, S., Doré, T., Francis, C., Vallod, D., & David, C. (2009). Agroecology as a science, a movement and a practice. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 29(4), 503-515. <https://doi.org/10.1051/agro/2009004>
- 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>
- Wilson, J. N. (2000). Guidance of agricultural vehicles—A historical perspective. *Computers and Electronics in Agriculture*, 25(1-2), 3-9. [https://doi.org/10.1016/S0168-1699\(99\)00052-6](https://doi.org/10.1016/S0168-1699(99)00052-6)
- Wisner, A. (1972). Diagnosis in ergonomics or the choice of operating models in field research. *Ergonomics*, 15(6), 601-620. <https://doi.org/10.1080/00140137208924462>
- Wisner, A. (1990). La méthodologie en ergonomie : D'hier à aujourd'hui. *Performances Humaines et Techniques*, 50, 32-39.
- Wisner, A. (1997). Aspects psychologiques de l'anthropotechnologie. *Le Travail Humain*, 60(3), 229-254. <https://doi.org/10.2307/40660077>
- Wisner, A., & Marcellin, J. (1971). *À quel homme le travail doit-il être adapté ?* (Rapport n°22). Laboratoire de physiologie du travail et d'ergonomie du CNAM.
- Zare, M. (2022). *Apport des approches pluridisciplinaires de l'ergonomie de l'activité et du courant Human Factor en conception de produit/système respectueuse de la personne* [Habilitation à Diriger des Recherches]. Université de Bordeaux.
- Zartarian, V., Bahadori, T., & McKone, T. (2005). Adoption of an official ISEA glossary. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 15(1), 1-5. <https://doi.org/10.1038/sj.jea.7500411>



# Annexes

## Annexe A – Normes harmonisées applicables à la conception des pulvérisateurs dans le cadre de la directive 2006/42/CE

### Code couleur

- En **bleu**, ce sont les normes harmonisées faisant spécifiquement référence à l’ergonomie ;
- En **rouge**, ce sont les normes harmonisées faisant spécifiquement référence au matériel agricole.

OEN	Référence	Sujet
<b>Normes de type A</b>		
CEN	EN ISO 12100 :2010	Sécurité des machines – Principes généraux de conception – Appréciation du risque et réduction du risque
<b>Normes de type B</b>		
CEN	EN 349 :1993+A1 :2008	Sécurité des machines – Écartements minimaux pour prévenir les risques d’écrasement de parties du corps humain
CEN	EN 547-1 :1996+A1 :2008	Sécurité des machines – Mesures du corps humain – Partie 1 : Principes de détermination des dimensions requises pour les ouvertures destinées au passage de l’ensemble du corps dans les machines
CEN	EN 547-2 :1996+A1 :2008	Sécurité des machines – Mesures du corps humain – Partie 2 : Principes de détermination des dimensions requises pour les orifices d’accès
CEN	EN 547-3 :1996+A1 :2008	Sécurité des machines – Mesures du corps humain – Partie 3 : Données anthropométriques
CEN	EN 614-1 :2006+A1 :2009	Sécurité des machines – <b>Principes ergonomiques de conception</b> – Partie 1 : Terminologie et principes généraux
CEN	EN 614-2 :2000+A1 :2008	Sécurité des machines – <b>Principes ergonomiques de conception</b> – Partie 2 : Interactions entre la conception des machines et les tâches de travail
CEN	EN 842 :1996+A1 :2008	Sécurité des machines – Signaux visuels de danger – Exigences générales, conception et essais
CEN	EN 894-1 :1997+A1 :2008	Sécurité des machines – <b>Spécifications ergonomiques pour la conception</b> des dispositifs de signalisation et des organes de services – Partie 1 : Principes généraux des interactions entre l’homme et les dispositifs de signalisation et organes de service
CEN	EN 894-2 :1997+A1 :2008	Sécurité des machines – <b>Spécifications ergonomiques pour la conception</b> des dispositifs de signalisation et des organes de services – Partie 2 : Dispositifs de signalisation

CEN	EN 894-3 :2000+A1 :2008	Sécurité des machines – <b>Spécifications ergonomiques pour la conception</b> des dispositifs de signalisation et des organes de services – Partie 3 : Organes de service
CEN	EN 894-4 :2010	Sécurité des machines – <b>Spécifications ergonomiques pour la conception</b> des dispositifs de signalisation et des organes de services – Partie 4 : Agencement et arrangement des dispositifs de signalisation et organes de service
CEN	EN 981 :1996+A1 :2008	Sécurité des machines – Système de signaux auditifs et visuels de danger et d’information
CEN	EN 1005-1 :2001+A1 :2008	Sécurité des machines – Performance physique humaine – Partie 1 : Termes et définition
CEN	EN 1005-2 :2003+A1 :2008	Sécurité des machines – Performance physique humaine – Partie 2 : Manutention manuelle de machines et d’éléments de machines
CEN	EN 1005-3 :2002+A1 :2008	Sécurité des machines – Performance physique humaine – Partie 3 : Limites des forces recommandées pour l’utilisation de machines
CEN	EN 1005-4 :2005+A1 :2008	Sécurité des machines – Performance physique humaine – Partie 4 : Évaluation des postures et mouvements lors du travail en relation avec les machines
CEN	EN 1032 :2003+A1 :2008	Vibrations mécaniques – Essai des machines mobiles dans le but de déterminer la valeur d’émission vibratoire
CEN	EN 1037 :1995+A1 :2008	Sécurité des machines – Prévention de la mise en marche intempestive
CEN	EN 1837 :1999+A1 :2009	Sécurité des machines – Éclairage intégré aux machines
CEN	EN ISO 3741 :2010	Acoustique – Détermination des niveaux de puissance et des niveaux d’énergie acoustiques émis par les sources de bruit à partir de la pression acoustique – Méthodes de laboratoire en salles d’essai réverbérantes
CEN	EN ISO 3743-1 :2010	Acoustique – Détermination des niveaux de puissance et des niveaux d’énergie acoustiques émis par les sources de bruit à partir de la pression acoustique – Méthodes d’expertise en champ réverbéré applicables aux petites sources transportables – Partie 1 : Méthode par comparaison en salle d’essai à parois dures
CEN	EN ISO 3743-2 :2010	Acoustique – Détermination des niveaux de puissance acoustiques émis par les sources de bruit à partir de la pression acoustique – Méthodes d’expertise en champ réverbéré applicables aux petites sources transportables – Partie 2 : Méthode en salle d’essai réverbérante spéciale
CEN	EN ISO 3744 :2010	Acoustique – Détermination des niveaux de puissance et des niveaux d’énergie acoustiques émis par les sources de bruit à partir de la pression acoustique – Méthodes d’expertise pour des conditions approchant celles du champ libre sur plan réfléchissant

CEN	EN ISO 3745 :2012	Acoustique – Détermination des niveaux de puissance et des niveaux d'énergie acoustiques émis par les sources de bruit à partir de la pression acoustique – Méthodes de laboratoire pour les salles anéchoïques et les salles semi-anéchoïques
CEN	EN ISO 3746 :2010	Acoustique – Détermination des niveaux de puissance et des niveaux d'énergie acoustiques émis par les sources de bruit à partir de la pression acoustique – Méthode de contrôle employant une surface de mesure enveloppante au-dessus d'un plan réfléchissant
CEN	EN ISO 3746 :2010	Acoustique – Détermination des niveaux de puissance et des niveaux d'énergie acoustiques émis par les sources de bruit à partir de la pression acoustique – Méthode de contrôle employant une surface de mesure enveloppante au-dessus d'un plan réfléchissant
CEN	EN ISO 3747 :2010	Acoustique – Détermination des niveaux de puissance et des niveaux d'énergie acoustiques émis par les sources de bruit à partir de la pression acoustique – Méthode d'expertise et de contrôle pour une utilisation in situ en environnement réverbérant
CEN	EN ISO 4413 :2010	Transmissions hydrauliques – Règles générales et exigences de sécurité relatives aux systèmes et leurs composants
CEN	EN ISO 4414 :2010	Transmissions pneumatiques – Règles générales et exigences de sécurité relatives aux systèmes et leurs composants
CEN	EN ISO 4871 :2009	Acoustique – Déclaration et vérification des valeurs d'émission sonore des machines et équipements
CEN	EN ISO 5136 :2009	Acoustique – Détermination de la puissance acoustique rayonnée dans un conduit par des ventilateurs et d'autres systèmes de ventilation – Méthode en conduit
CEN	EN ISO 7235 :2009	Acoustique – Modes opératoires de mesure en laboratoire pour silencieux en conduit et unités terminales – Perte d'instruction, bruit d'écoulement et perte de pression totale
CEN	EN ISO 7731 :2008	<b>Ergonomie</b> – Signaux de danger pour lieux publics et lieux de travail – Signaux de dangers auditifs
CEN	EN ISO 9614-1 :2009	Acoustique – Détermination par intensimétrie des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit – Partie 1 : Mesurages par points
CEN	EN ISO 9614-3 :2009	Acoustique – Détermination par intensimétrie des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit – Partie 3 : Méthode de précision pour mesurage par balayage
CEN	EN ISO 10326-1 :2016	Vibrations mécaniques – Méthode en laboratoire pour l'évaluation des vibrations du siège de véhicule – Partie 1 : Exigences de base
CEN	EN ISO 11161 :2007	Sécurité des machines – Systèmes de fabrication intégrés – Prescriptions fondamentales

CEN	EN ISO 11200 :2014	Acoustique – Bruit émis par les machines et équipements – Guide d’utilisation des normes de base pour la détermination des niveaux de pression acoustique d’émission au poste de travail et en d’autres positions spécifiées
CEN	EN ISO 11201 :2010	Acoustique – Bruit émis par les machines et équipements – Détermination des niveaux de pression acoustique d’émission au poste de travail et en d’autres positions spécifiées dans des conditions approchant celles du champ libre sur plan réfléchissant avec des corrections d’environnement négligeables
CEN	EN ISO 11202 :2010	Acoustique – Bruit émis par les machines et équipements – Détermination des niveaux de pression acoustique d’émission au poste de travail et en d’autres positions spécifiées en appliquant des corrections d’environnement approximatives
CEN	EN ISO 11203 :2009	Acoustique – Bruit émis par les machines et équipements – Détermination des niveaux de pression acoustique d’émission au poste de travail et en d’autres positions spécifiées à partir du niveau de puissance acoustique
CEN	EN ISO 11204 :2010	Acoustique – Bruit émis par les machines et équipements – Détermination des niveaux de pression acoustique d’émission au poste de travail et en d’autres positions spécifiées en appliquant des corrections d’environnement exactes
CEN	EN ISO 11205 :2009	Acoustique – Bruit émis par les machines et équipements – Méthode d’expertise pour la détermination par intensimétrie des niveaux de pression acoustique d’émission in situ au poste de travail et en d’autres positions spécifiées
CEN	EN ISO 11546-1 :2009	Acoustique – Détermination de l’isolement acoustique des encoffrements – Partie 1 : Mesurages dans des conditions de laboratoire (aux fins de déclaration)
CEN	EN ISO 11546-2 :2009	Acoustique – Détermination de l’isolement acoustique des encoffrements – Partie 2 : Mesurages sur site (aux fins d’acceptation et de vérification)
CEN	EN ISO 11688-1 :2009	Acoustique – Pratique recommandée pour la conception de machines et d’équipements à bruit réduit – Partie 1 : Planification
CEN	EN ISO 11691 :2009	Acoustique – Détermination de la perte d’insertion de silencieux en conduit sans écoulement – Méthode de mesure en laboratoire
CEN	EN ISO 11957 :2009	Acoustique – Détermination des performances d’isolation acoustique des cabines – Mesurages en laboratoire et in situ
CEN	EN ISO 13849-1 :2015	Sécurité des machines – Parties des systèmes de commande relatives à la sécurité – Partie 1 : Principes généraux de conception

CEN	EN ISO 13849-2 :2015	Sécurité des machines – Parties des systèmes de commande relatives à la sécurité – Partie 2 : Validation
CEN	EN ISO 13850 :2015	Sécurité des machines – Fonction d’arrêt d’urgence – Principes de conception
CEN	EN ISO 13855 :2015	Sécurité des machines – Positionnement des moyens de protection par rapport à la vitesse d’approche des parties du corps
CEN	EN ISO 13857 :2008	Sécurité des machines – Distances de sécurité empêchant les membres supérieurs et inférieurs d’atteindre les zones dangereuses
CEN	EN ISO 14119 :2013	Sécurité des machines – Dispositifs de verrouillage associés à des protecteurs – Principes de conception et de choix
CEN	EN ISO 14120 :2015	Sécurité des machines – Protecteurs – Prescriptions générales pour la conception et la construction des protecteurs fixes et mobiles
CEN	EN ISO 14122-1 :2016	Sécurité des machines – Moyens d’accès permanents aux machines – Partie 1 : Choix d’un moyen d’accès et des exigences générales d’accès
CEN	EN ISO 14122-2 :2016	Sécurité des machines – Moyens d’accès permanents aux machines – Partie 2 : Plateformes de travail et passerelles
CEN	EN ISO 14122-3 :2016	Sécurité des machines – Moyens d’accès permanents aux machines – Partie 3 : Escaliers, échelles à marches et garde-corps
CEN	EN ISO 14122-4 :2016	Sécurité des machines – Moyens d’accès permanents aux machines – Partie 4 : Échelles fixes
CEN	EN ISO 14159 :2008	Sécurité des machines – Prescriptions relatives à l’hygiène lors de la conception des machines
CEN	EN ISO 14738 :2008	Sécurité des machines – Prescriptions anthropométriques relatives à la conception des postes de travail sur les machines
CEN	EN ISO 15536-1 :2008	<b>Ergonomie</b> – Mannequins informatisés et gabarits humains – Partie 1 : Exigences générales
CEN	EN 16590-1 :2014	<b>Tracteurs et matériels agricoles et forestiers</b> – Parties des systèmes de commande relatives à la sécurité – Partie 1 : Principes généraux pour la conception et le développement
CEN	EN 16590-2 :2014	<b>Tracteurs et matériels agricoles et forestiers</b> – Parties des systèmes de commande relatives à la sécurité – Partie 2 : Phase de projet
CEN	EN ISO 19353 :2016	Sécurité des machines – Prévention et protection contre l’incendie
CEN	EN ISO 20643 :2008	Vibration mécanique – Machines tenues et guidées à la main – Principes pour l’évaluation d’émission de vibration
CENELEC	EN 60204-1 :2006	Sécurité des machines – Équipement électrique des machines – Partie 1 : Règles générales
CENELEC	EN 61310-1 :2008	Sécurité des machines – Indication, marquage et manœuvre – Partie 1 : Exigences pour les signaux visuels, acoustiques et tactiles

CENELEC	EN 61310-2 :2008	Sécurité des machines – Indication, marquage et manœuvre – Partie 2 : Exigences pour le marquage
CENELEC	EN 61310-3 :2008	Sécurité des machines – Indication, marquage et manœuvre – Partie 3 : Exigences sur la position et le fonctionnement des organes de commande
<b>Normes de type C</b>		
CEN	EN ISO 4254-1 :2015	<b>Matériel agricole</b> – Sécurité – Partie 1 : Exigences générales
CEN	EN ISO 4254-6 :2009	<b>Matériel agricole</b> – Sécurité – Partie 6 : Pulvérisateurs et distributeurs d’engrais liquides
CEN	EN ISO 5674 :2009	<b>Tracteurs et matériels agricoles et forestiers</b> – Protecteurs d’arbres de transmission à cardans de prise de force – Essais de résistance mécanique et d’usure et critères d’acceptation
CEN	EN 15695-1 :2017	<b>Tracteurs agricoles et pulvérisateurs automoteurs</b> – Protection de l’opérateur (conducteur) contre les substances dangereuses – Partie 1 : Classification des cabines, exigences et méthodes d’essais
CEN	EN 15695-2 :2017	<b>Tracteurs agricoles et pulvérisateurs automoteurs</b> – Protection de l’opérateur (conducteur) contre les substances dangereuses – Partie 2 : Filtres, exigences et méthodes d’essai
CEN	EN 15811 :2014	<b>Matériel agricole</b> – Protecteurs fixes et protecteurs avec dispositif de verrouillage ou d’interverrouillage pour éléments mobiles de transmission par puissance
CEN	EN ISO 16119-1 :2013	<b>Matériel agricole et forestier</b> – Exigences environnementales pour les pulvérisateurs – Partie 1 : Généralités
CEN	EN ISO 16119-2 :2013	<b>Matériel agricole et forestier</b> – Exigences environnementales pour les pulvérisateurs – Partie 2 : Pulvérisateurs à rampe horizontale
CEN	EN ISO 16119-3 :2013	<b>Matériel agricole et forestier</b> – Exigences environnementales pour les pulvérisateurs – Partie 3 : Pulvérisateurs pour arbustes et arboriculture
CEN	EN ISO 16119-4 :2013	<b>Matériel agricole et forestier</b> – Exigences environnementales pour les pulvérisateurs – Partie 4 : Pulvérisateurs fixes et semi-mobiles
CEN	EN ISO 16231-1 :2013	<b>Machines agricoles automotrices</b> -Évaluation de la stabilité – Partie 1 : Principes
CEN	EN ISO 16231-2 :2015	<b>Machines agricoles automotrices</b> -Évaluation de la stabilité – Partie 2 : Détermination de la stabilité statique et modes opératoires d’essai
CEN	EN 16590-3 :2014	<b>Tracteurs et matériels agricoles et forestiers</b> – Partie des systèmes de commande relative à la sécurité – Partie 3 : Développement en série, matériels et logiciels
CEN	EN 16590-4 :2014	<b>Tracteurs et matériels agricoles et forestiers</b> – Partie des systèmes de commande relative à la sécurité – Partie 4 : Procédés de production, de fonctionnement, de modification et d’entretien

Tableau 47 – Normes harmonisées applicables à la conception des pulvérisateurs dans le cadre de la directive 2006/42/CE

## Annexe B – Exemple de guide d’entretien d’autoconfrontation (Exploitation 1)

Phase d’activité	Laps de temps concerné sur le film	Éléments de repère pour la situation nécessitant une explication
<b>Traitement du 22 mai 2019</b>		
<b>Préparation des produits</b>	00 : 00 à 03 : 13	Hauteur de la cuve Largeur du marchepied Précision de la jauge
	03 : 13 à 04 : 40	Hauteur de la cuve Largeur du marchepied Utilisation du tableau de commandes extérieur pour actionner les vannes
	04 : 40 à 05 : 10	Remplissage de la cuve Utilisation du tableau de commandes extérieur pour actionner les vannes
	05 : 10 à 06 : 30	Remplissage de la cuve de rinçage
	06 : 30 à 08 : 15	Remplissage de la cuve en eau claire
<b>Application des produits</b>	08 : 15 à 14 : 10	Lancement de la pompe Hauteur des jets Coupure des jets Lancement de la pulvérisation
	14 : 10 à 17 : 47	Utilisation des commandes Postures et prises d’informations associées
	17 : 47 à 18 : 44	Virage tournière Pulvérisateur qui tangué
	18 : 44 à 20 : 05	Utilisation des commandes en cabine Taille de l’écran Action sur la vitre arrière de la cabine
<b>Traitement du 22 juillet 2019</b>		
<b>Application des produits</b>	20 : 05 à 23 : 48	Utilisation des commandes en cabine
	23 : 48 à 24 : 25	Utilisation des commandes en cabine Taille de l’écran et luminosité
	24 : 25 à 26 : 45	Sortie de la cabine
	26 : 45 à 33 : 57	Utilisation des commandes sur route

Tableau 48 – Guide pour l’entretien d’autoconfrontation avec le tractoriste de l’Exp1



## Annexe C – Substances actives recherchées dans les prélèvements et phrases de risque correspondantes pour la santé humaine

### Exploitation 1

Substances actives	Nom commercial du produit	Phrases de risque pour la santé humaine
Cyazofamide	Mildicut	-
Cymoxanil	Sygan LS	R36 irritant pour les yeux R40 effet cancérogène suspecté R43 peut entraîner une sensibilisation par contact avec la peau R63 risque possible pendant la grossesse d'effets néfastes sur l'enfant
Deltaméthrine	Decis PROTECH	-
Difénoconazole	BOGARD	H304 peut être mortel en cas d'ingestion et de pénétration dans les voies respiratoires H319 provoque une sévère irritation des yeux H373 risque présumé d'effets graves pour les organes à la suite d'expositions répétées ou d'une exposition prolongée
Diméthomorphe	GRIP TOP	H302 nocif en cas d'ingestion H317 peut provoquer une allergie cutanée H373 risque présumé d'effets graves pour les organes à la suite d'expositions répétées ou d'une exposition prolongée
Fluopicolide	PROFILER	H319 provoque une sévère irritation des yeux
Folpel	Sygan LS	R36 irritant pour les yeux R40 effet cancérogène suspecté R43 peut entraîner une sensibilisation par contact avec la peau R63 risque possible pendant la grossesse d'effets néfastes sur l'enfant

	Amphore F	H332 nocif par inhalation H351 susceptible de provoquer le cancer
Fosétyl	PROFILER	H319 provoque une sévère irritation des yeux
Lambda-cyhalothrine	Karate Xflow	H302 nocif en cas d'ingestion H317 peut provoquer une allergie cutanée H332 nocif par inhalation
Mandipropamid	Amphore F pépite	H332 nocif par inhalation H351 susceptible de provoquer le cancer
	Ampexio	H317 peut provoquer une allergie cutanée
Métalaxyl-M	Eperon pépite	H317 peut provoquer une allergie cutanée H335 peut irriter les voies respiratoires H361d susceptible de nuire au fœtus
Métrafénone	Vivando	-
Pyriméthanil	Toucan	-
Quinoxifène	Legend	H317 peut provoquer une allergie cutanée
Trifloxystrobine	Natchez	H317 peut provoquer une allergie cutanée
Zoxamide	Ampexio	H317 peut provoquer une allergie cutanée
	Amaline Flow	H302 nocif en cas d'ingestion H319 provoque une sévère irritation des yeux EUH208 peut produire une réaction allergique
	Roxam COMBI	H317 peut provoquer une allergie cutanée H361d susceptible de nuire au fœtus

Tableau 49 – Substances actives recherchées dans les prélèvements d'eaux de lavage de mains réalisés pour le tractoriste de l'exploitation 1

#### Exploitation 4

Substances actives	Nom commercial du produit	Phrases de risque pour la santé humaine
Amétoctradine	Privest	-
	RESPLEND	H302 nocif en cas d'ingestion
Cyflufénamide	ROCCA	-
Difénoconazole	ROCCA	-
Diméthomorphe	GRIP TOP	H302 nocif en cas d'ingestion H317 peut provoquer une allergie cutanée H373 risque présumé d'effets graves pour les organes à la suite d'expositions répétées ou d'une exposition prolongée
	RESPLEND	H302 nocif en cas d'ingestion
Fenbuconazole	Karamat PRO	H319 provoque une sévère irritation des yeux
Fluopicolide	Tébaïde	H319 provoque une sévère irritation des yeux
Fluopyram	Luna Xtend	H302 nocif en cas d'ingestion
Fosétyl	Chaoline	H315 provoque une irritation cutanée H317 peut provoquer une allergie cutanée H373 risque présumé d'effets graves pour les organes à la suite d'expositions répétées ou d'une exposition prolongée
	Tébaïde	H302 nocif en cas d'ingestion
	Pangolin	H302 nocif en cas d'ingestion H318 provoque des lésions oculaires graves

Tébuconazole	Mayandra	H319 provoque une sévère irritation des yeux H361d susceptible de nuire au fœtus EUH208 peut produire une réaction allergique
Tétraconazole	Lidal	H302 nocif en cas d'ingestion H304 peut être mortel en cas d'ingestion et de pénétration dans les voies respiratoires H315 provoque une irritation cutanée H319 provoque une sévère irritation des yeux H336 peut provoquer somnolence ou des vertiges
Trifloxystrobine	Natchez	H317 peut provoquer une allergie cutanée
	Luna Xtend	H302 nocif en cas d'ingestion
	Consist	H317 peut provoquer une allergie cutanée
Zoxamide	Amaline Flow	H302 nocif en cas d'ingestion H319 provoque une sévère irritation des yeux EUH208 peut produire une réaction allergique

Tableau 50 – Substances actives recherchées dans les prélèvements d'eaux de lavage de mains réalisés pour le tractoriste de l'exploitation 4

## Exploitation 5

<b>Substances actives</b>	<b>Nom commercial du produit</b>	<b>Phrases de risque pour la santé humaine</b>
Amétoctradine	RESPLEND	H302 nocif en cas d'ingestion
Cyazofamide	Mildicut	-
Cyflufénamide	ROCCA	-
Difénoconazole	ROCCA	-
Diméthomorphe	RESPLEND	H302 nocif en cas d'ingestion
Fluopicolide	PROFILER	H319 provoque une sévère irritation des yeux
Fosétyl	PROFILER	H319 provoque une sévère irritation des yeux
Métrafénone	Vivando	-
Tau-fluvalinate	KLARTAN	-

Tableau 51 – Substances actives recherchées dans les prélèvements d'eaux de lavage de mains réalisés pour le tractoriste de l'exploitation 5

Annexe D – Déterminants du pulvérisateur à l'origine des difficultés d'usage, des genèses instrumentales et des situations d'exposition aux pesticides

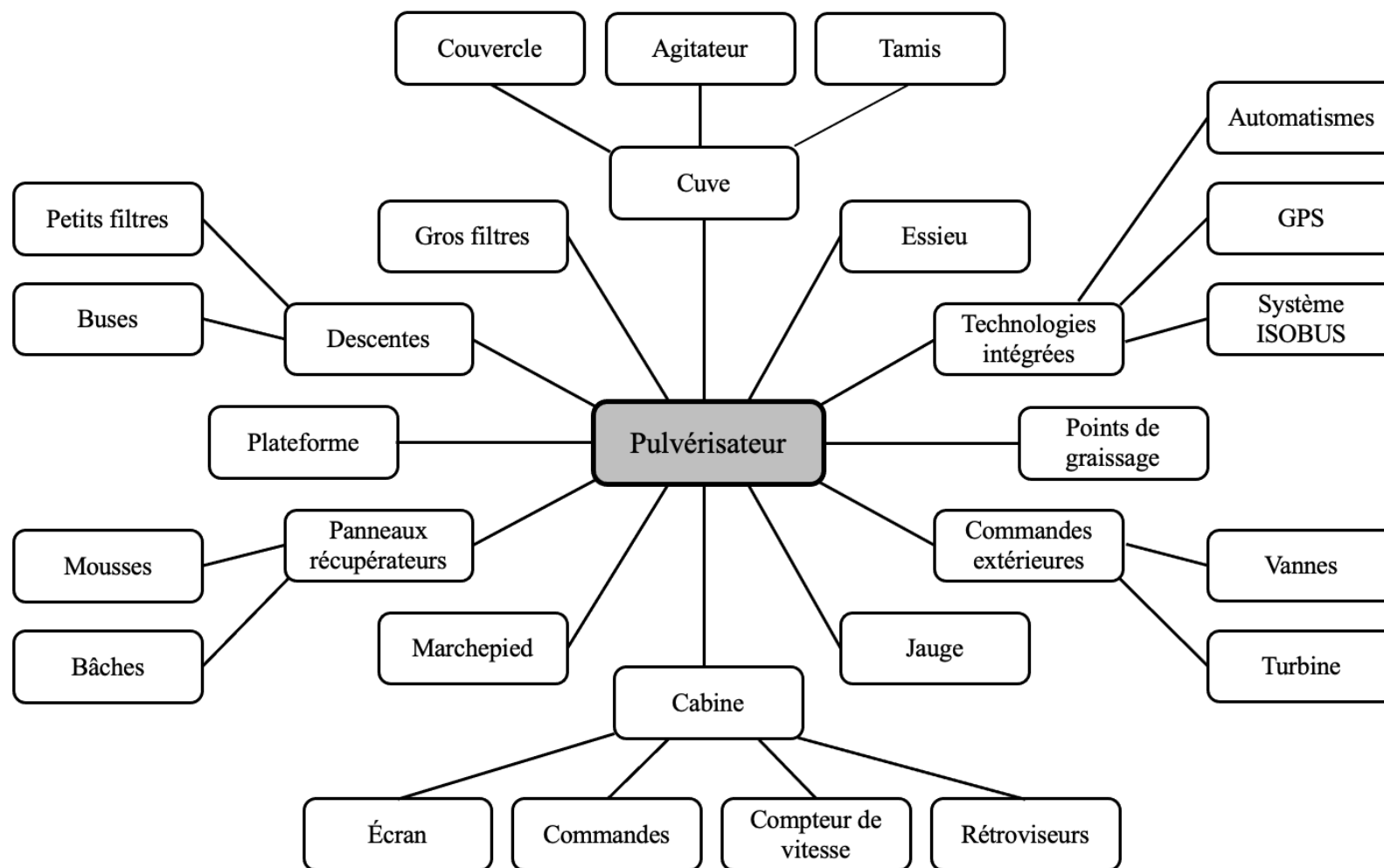


Figure 106 – Déterminants du pulvérisateur à l'origine des difficultés d'usage, des genèses instrumentales et des situations d'exposition aux pesticides

## Annexe E – Extrait du document présentant les besoins des agriculteurs à la suite des analyses des activités de traitement

**1.1.2. DÉVERSEMENT DES PRODUITS DANS LA CUVE (PULVÉRISATEUR TRAÎNÉ ≠ PULVÉRISATEUR PORTÉ)**

	Organes concernés et autres outils	Ce que ça demande	Difficultés associées	Verbatims	Effets directs et non souhaités	Expositions	Besoins
<b>Trainé</b>	<p>Cuve et marchepied</p> <p>Contenants de produits (sacs, bidons et cartons)</p>	<p>Se tenir à la cuve pour monter sur le marchepied en même temps que tenir le contenant</p> <p>Lever le contenant pour le déverser</p>	<p>Poids des produits (jusqu'à 25kg) ; étroitesse du marchepied ; hauteur de la cuve ; environnement glissant</p>	<p>« Le marchepied n'est pas tout à fait haut à mon sens je trouve. Je m'aperçois quand il faut que je vide un sac de 25kg dedans, c'est limite. »</p>	Effets directs : risque de chute	<p><b>Directes</b> par la proximité des voies respiratoires à la cuve</p>	<p>Avoir un <u>marchepied</u> large, réglable en hauteur et anti dérapant afin de favoriser la stabilité</p>
<b>Porté</b>	<p>Cuve, marches et garde-corps, plateforme (quand ils existent)</p> <p>Contenants de produits (sacs, bidons et cartons)</p>	<p>Trouver des prises pour monter sur la plateforme en même temps que tenir le contenant</p> <p>Lever le contenant pour le déverser</p>	<p>Poids des produits (jusqu'à 25kg) ; hauteur et exigüité de la plateforme ; environnement glissant</p>	<p>« <u>C'est jamais confortable</u> là-haut [...]. Il y a une petite plateforme, [...] on n'est pas franchement à l'aise. » ;</p> <p>« Quand on est en hauteur [...], c'est toujours une période de risque, d'accident. »</p>		<p><b>Indirectes</b> dues aux contacts avec les surfaces de la cuve pour faciliter l'équilibre et le déversement des produits</p>	<p>Avoir des <u>marches</u> et un <u>garde-corps</u> pour monter sur la plateforme</p> <p>Avoir une <u>plateforme</u> large et antidérapante afin de favoriser la stabilité</p>




Figure 3 – Déversement des produits dans la cuve (pulvérisateur traîné)



Figure 4 – Marchepied (pulvérisateur traîné)



Figure 5 – Déversement des produits dans la cuve (pulvérisateur porté)

Figure 107 – Extrait du document présentant les besoins des agriculteurs à la suite des analyses des activités de traitement

## Annexe F – Extrait du document présentant les fonctions attendues pour chacun des organes du pulvérisateur

<b>2. CAHIER DES CHARGES FONCTIONNEL DES ORGANES QUI COMPOSENT UN PULVÉRISATEUR</b>			
<b>2.1. COUVERCLE DE LA CUVE PRINCIPALE</b>			
<b>N°</b>	<b>Fonctions principales d'usage</b>	<b>Critères</b>	<b>Coef.</b>
1	Maintenir la cuve fermée	Forme – dimension – épaisseur – étanchéité – qualité des joints	5
2	Permettre son ouverture et sa fermeture	Système de vissage et de dévissage	5
<b>N°</b>	<b>Fonctions complémentaires d'usage</b>	<b>Critères</b>	<b>Coef.</b>
1	Être facile à ouvrir et à fermer	Forme – dimension – présence de poignées pour faciliter la préhension – emplacement sur la cuve $\Delta$ le décentraliser et dépendance avec le marchepied	3
2	Rester accroché lors du remplissage	Système de retient à l'ouverture	3
<b>2.2. MARCHEPIED (PULVÉRISATEUR TRAÎNÉ)</b>			
<b>N°</b>	<b>Fonctions principales d'usage</b>	<b>Critères</b>	<b>Coef.</b>
1	Mettre l'utilisateur à hauteur pour le remplissage	Hauteur réglable	5
2	Permettre le remplissage de la cuve en produits	Espace entre le marchepied et le trou d'homme – $\Delta$ ne pas avoir à s'appuyer sur la cuve	4
<b>N°</b>	<b>Fonctions complémentaires d'usage</b>	<b>Critères</b>	<b>Coef.</b>
1	Permettre la stabilité et le confort lors du remplissage de la cuve en produit et en eau	Forme et dimension – revêtement antidérapant	4
2	Prévenir l'utilisateur de sa position « baissé »	Système sonore qui prévient si l'utilisateur roule avec le marchepied baissé – système de relevage automatique au démarrage	3
<b>N°</b>	<b>Fonctions contraintes</b>	<b>Critères</b>	<b>Coef.</b>
1	Assurer la sécurité de l'utilisateur	Hauteur – revêtement antidérapant	5

Coefficient : 1. Utile – 2. Nécessaire – 3. Important - 4. Très important – 5. Vitale

Figure 108 – Extrait du document présentant les fonctions attendues pour chacun des organes du pulvérisateur



## Annexe G – Exemple de guide d’entretien avec un concepteur (chef de projet)

### Poste occupé

- Quel poste occupez-vous au sein de l’entreprise ?
  - o Depuis combien de temps ?
- Quelles sont vos principales tâches et missions ?

### Processus de conception

- Quelles sont les différentes phases/étapes d’un processus de conception ?
  - o Combien de personnes sont impliquées dans la conception ?
  - o Quels sont leurs rôles ?
  - o Quelles sont vos techniques de prototypage et de simulation ?
- À quelle(s) phase(s) du processus de conception intervenez-vous plus spécifiquement ?
- Quelle étape du processus de conception est la plus complexe ?
  - o Quelles sont les parties du pulvérisateur les plus complexes à concevoir ?
- Comment fonctionne une équipe pour un projet de conception ?
  - o S’agit-il plutôt d’ingénierie de type séquentiel ou coopératif ?
  - o Finalement, est-ce que les concepteurs d’une étape amont vont tenir compte des contraintes des concepteurs pour les étapes suivantes ?
  - o Quelles sont les difficultés les plus souvent rencontrées ?
  - o Quels sont les modalités de communication et les échanges ?
- Quels sont vos enjeux en tant que chef de projet ?
  - o Quelles facilités et difficultés rencontrez-vous au cours du processus de conception ?

### Enjeux

- Quels sont les enjeux lors du développement et de la conception d’un nouveau pulvérisateur ?
  - o Comment sont-ils priorisés ?
- Sur quoi doit porter l’innovation ? Où se situe le saut en termes d’innovation ?

### Prise en compte des besoins des utilisateurs

- Comment est faite l’analyse des besoins des utilisateurs pour la conception d’une nouvelle machine ?
  - o Faites-vous passer des questionnaires ?
  - o Quelles sont les facilités et difficultés d’anticipation de ces besoins ?
  - o Pensez-vous aux activités de maintenance et de réparation ?
- Réalisez-vous une analyse des risques ?
  - o Comment est faite cette analyse ?
  - o De quels types de risques parle-t-on ?
  - o La prise en compte des risques concerne plutôt la conception, la protection ou l’information ?
- Comment est faite la priorisation entre les différents enjeux ? (Technique, santé, sécurité, budget, délais, etc.)
  - o Qui arbitre ?
  - o À quelle fréquence cela arrive-t-il ?
- Comment est rédigé le cahier des charges ?
  - o Sur quelle base ?
  - o En moyenne un cahier des charges comporte combien de versions ?
- Avez-vous des contacts avec des utilisateurs ?

- À quelle fréquence ?
- Comment les utilisateurs sont-ils sélectionnés ?
- Êtes-vous souvent en contact avec les distributeurs ?

**Prise en compte de la contamination**

- Prenez-vous en compte le risque de contamination dans le processus de conception ?
  - Comment l'évaluez-vous ?
  - Quels types de procédés utilisez-vous ?
- Avez-vous des contacts avec les fabricants de pesticides ?

**Prise en compte de la réglementation**

- Qui est en charge de faire appliquer la réglementation au sein de l'entreprise ?
- Quel est votre rôle au sein de l'entreprise du point de vue de la réglementation ?
- Quels sont vos usages de la réglementation ?
  - Quels types de réglementation utilisez-vous ?
  - À quelle fréquence ?
  - Sont-elles difficiles d'appropriation ?
  - Sont-elles difficiles d'application ?
- Participez-vous aux commissions de normalisation ?
  - Si oui, à quelle fréquence ?
  - Quels sont les intérêts pour vous en tant que concepteur de cette participation ?

## Annexe H – Les différentes étapes du processus de conception d'un pulvérisateur

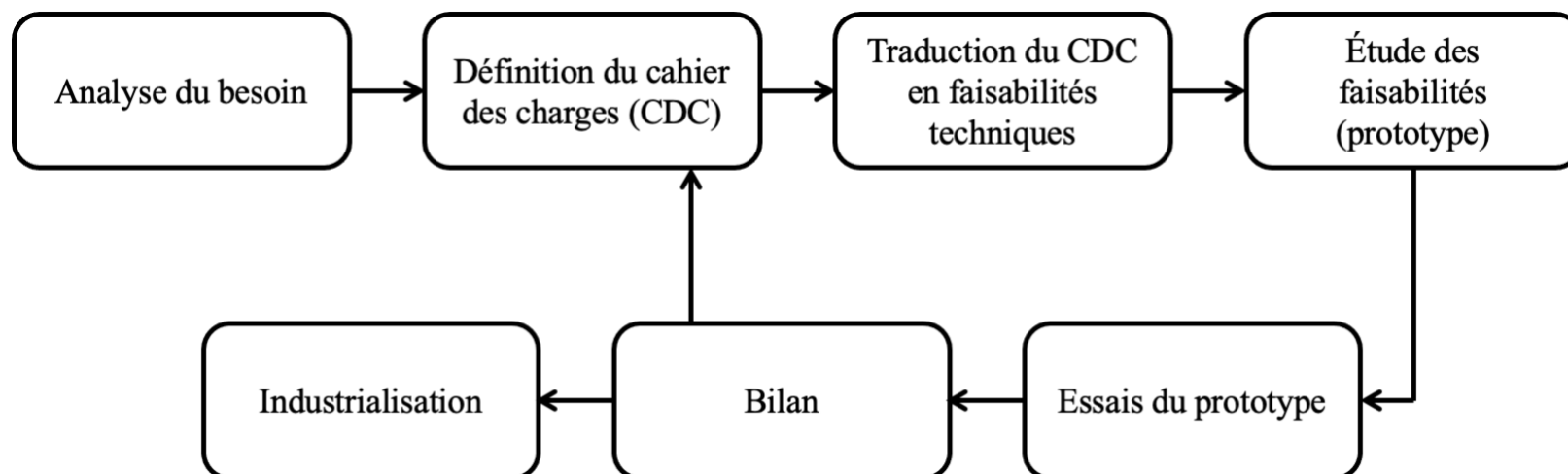


Figure 109 – Les différentes étapes du processus de conception d'un pulvérisateur

## Annexe I – Les différentes étapes du processus de conception d'un pulvérisateur et les limites associées

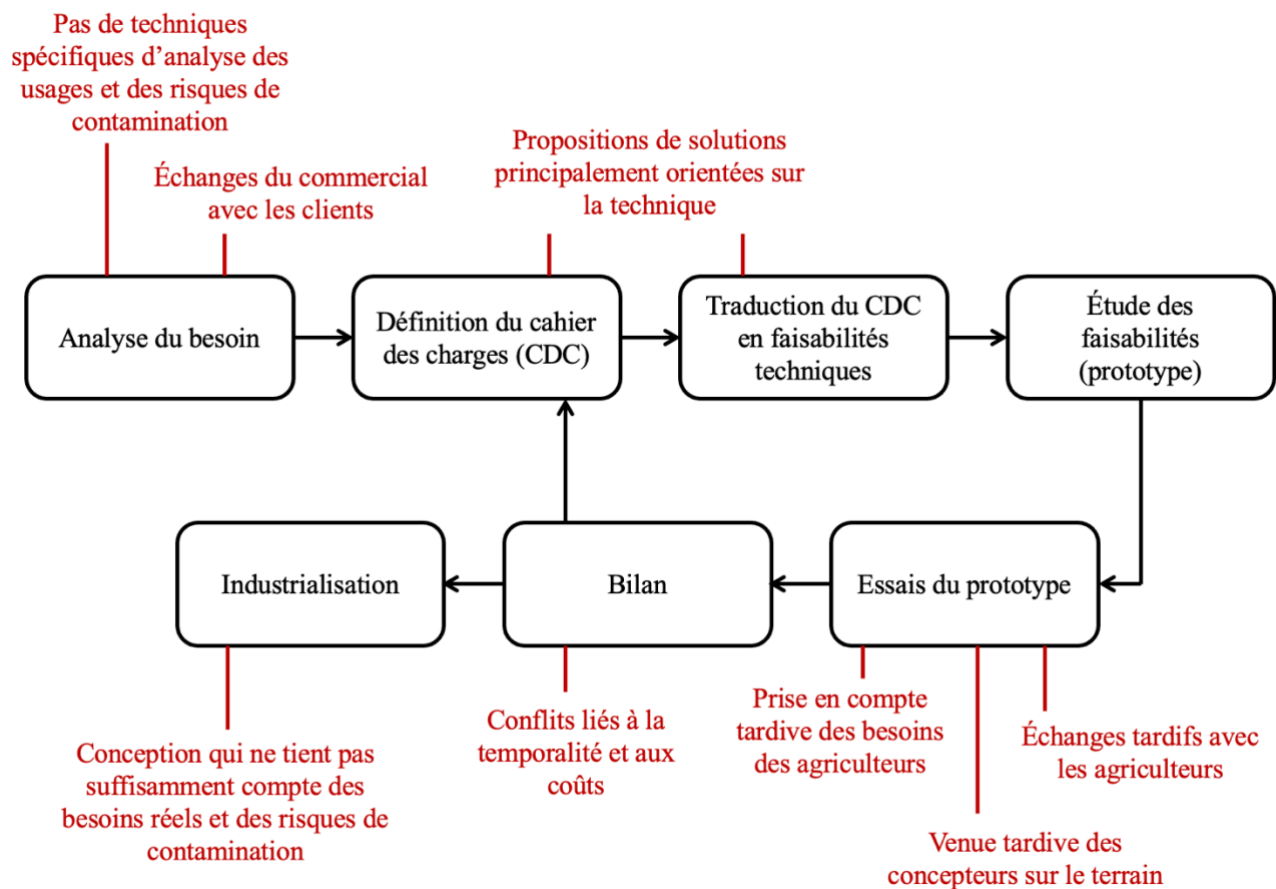


Figure 110 – Les différentes étapes du processus de conception d'un pulvérisateur et les limites associées

## Annexe J – Exemple de guide d’entretien avec un acteur en charge de l’élaboration des normes techniques (chef de projet en normalisation)

### **Poste occupé**

- Quel poste occupez-vous au sein de l’AFNOR ?
- Quelles sont vos principales tâches et missions ?
- Depuis combien de temps êtes-vous en charge de l’élaboration et/ou de la mise en œuvre des normes ?
- Quel est votre rôle dans cette élaboration/mise en œuvre ?
- À quelle(s) étape(s) intervenez-vous plus spécifiquement ?

### **Constitution des commissions de normalisation**

- Quels sont les différents acteurs impliqués dans l’élaboration d’une norme ?
- Quel est leur degré de participation ?

### **Consensus**

- En quoi consiste le consensus ?
- Quelles sont les difficultés rencontrées dans l’atteinte du consensus ?
- Comment sont priorisés les différents intérêts en jeu ?

### **Prise en compte des besoins réels des agriculteurs**

- Comment sont validées les spécifications techniques ?
  - o Comment tiennent-elles compte des principes de prévention ?
  - o S’agit-il seulement d’un état de l’art ?
  - o Comment sont identifiés les risques au travail ?
  - o Comment sont déterminées les conditions de réalisation des essais/tests/mesures ?
  - o Par qui sont faits ces essais/tests/mesures ?
  - o Quelle est la validité de ces essais/tests/mesures pour fixer des seuils par exemple ?
- Comment sont pris en compte les besoins réels des travailleurs ?

### **Place de l’ergonomie**

- Quel type d’ergonomie est essentiellement utilisé dans les processus de normalisation ?
- Quelles sources de l’ergonomie utilisez-vous ?
- Quelle est la place de l’ergonomie ?
  - o Considérez-vous avoir assez d’espace pour faire valoir une ergonomie de l’activité ?
  - o Quelles méthodes et quels concepts pouvez-vous utiliser ?
- Est-ce que vous collaborez avec d’autres sous-comités pour injecter de l’ergonomie et/ou de la santé et de la sécurité au travail ?
- Du point de vue de l’ergonomie et/ou de la santé et de la sécurité au travail, considérez-vous que les normes soient suffisantes pour concevoir des espaces de travail, des outils, des machines ?

### **Modifications**

- Qu’est-ce qui justifie la modification/l’évolution d’une norme ?

### **Contrôle**

- Existe-t-il des processus de contrôle de respect des normes techniques et des normes harmonisées ?

## Annexe K – Principales normes juridiques et techniques applicables à la conception des pulvérisateurs

Référence	Titre	Domaine d'application
<b>Normes juridiques</b>		
Directive 2006/42/CE	Directive 2006/42/CE du Parlement européen et du Conseil du 17 mai 2006 relative aux machines et modifiant la directive 95/16/CE (refonte)	Les exigences essentielles de santé et de sécurité à respecter afin d'assurer que les machines sont sûres
Directive 2009/127/CE	Directive 2009/127/CE du Parlement européen et du Conseil du 21 octobre 2009 modifiant la directive 2006/42/CE en ce qui concerne les machines destinées à l'application des pesticides	Les exigences essentielles de protection de l'environnement applicables à la conception et à la construction de machines neuves destinées à l'application des pesticides.
<b>Normes techniques</b>		
EN ISO 12100	Sécurité des machines – Principes généraux de conception – Appréciation du risque et réduction du risque	La terminologie de base, les principes et une méthodologie en vue d'assurer la sécurité dans la conception des machines.
EN ISO 4254-1	Matériel agricole – Sécurité – Partie 1 : Exigences générales	Les exigences de sécurité et les moyens pour leur vérification pour la conception et la construction des machines automotrices, portées, semi-portées et traînées utilisées en agriculture.
EN ISO 4254-6	Matériel agricole – Sécurité – Partie 6 : Pulvérisateurs et distributeurs d'engrais liquides	Les exigences de sécurité et leur vérification pour la conception et la construction de pulvérisateurs agricoles portés, semi-portés, traînés et automoteurs.

EN 15695-1	Tracteurs agricoles et pulvérisateurs automoteurs – Protection de l’opérateur (conducteur) contre les substances dangereuses – Partie 1 : Classification des cabines, exigences et méthodes d’essais	Les différentes catégories de cabines de tracteurs agricoles et forestiers et de pulvérisateurs automoteurs ainsi que les exigences et les modes opératoires d’essai correspondants visant à limiter l’exposition de l’opérateur (conducteur) aux substances dangereuses lorsque celui-ci est dans la cabine.
EN 15695-2	Tracteurs agricoles et pulvérisateurs automoteurs – Protection de l’opérateur (conducteur) contre les substances dangereuses – Partie 2 : Filtres, exigences et méthodes d’essai	Les exigences, les méthodes d’essai et les informations à fournir par le fabricant du filtre.
EN ISO 16119-1	Matériel agricole et forestier – Exigences environnementales pour les pulvérisateurs – Partie 1 : Généralités	Les exigences générales pour la conception et les performances des pulvérisateurs, telles que définies dans l’ISO 5681, avec l’objectif de réduire le risque potentiel de contamination de l’environnement lors de leur utilisation.
EN ISO 16119-3	Matériel agricole et forestier – Exigences environnementales pour les pulvérisateurs – Partie 3 : Pulvérisateurs pour arbustes et arboriculture	Les exigences et les méthodes de vérification correspondantes pour la conception et les performances des pulvérisateurs pour arbustes et arboriculture et similaires, tels que définis en 3.1, avec l’objectif de réduire les risques de contamination de l’environnement durant leur utilisation.

Tableau 52 – Description des normes juridiques et techniques applicables à la conception des pulvérisateurs viticoles

Annexe L – Les différentes étapes du processus de conception d'un pulvérisateur intégrant les spécifications techniques des normes harmonisées

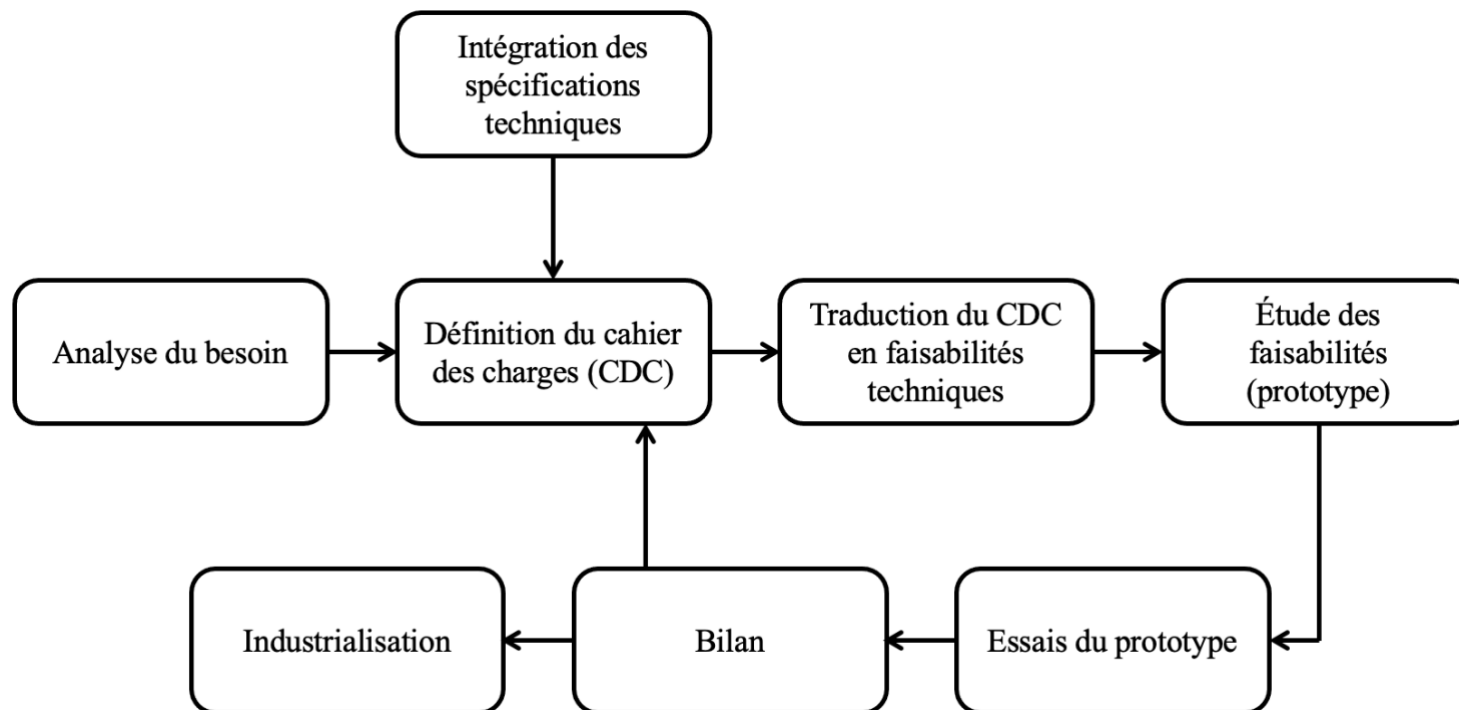


Figure 111 – Les différentes étapes du processus de conception d'un pulvérisateur intégrant les spécifications techniques des normes harmonisées



## Annexe M – Exigences et/ou mesures de sécurité des normes techniques applicables à la conception des pulvérisateurs

### Norme 4254-1 : Matériel agricole – Sécurité – Partie 1 : Exigences générales

Norme	Exigences et/ou mesures de sécurité applicables à toutes les machines	Exigences et/ou mesures de sécurité applicables aux machines automotrices à conducteur porté	Exigences et/ou mesures de sécurité applicables aux machines portées, semi-portées et trainées
EN ISO 4254-1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Protection des éléments mobiles concourant au travail</li> <li>- Bruit</li> <li>- Vibrations</li> <li>- Commandes</li> <li>- Mode de fonctionnement automatique</li> <li>- Poste de l'opérateur</li> <li>- Autres emplacements que le poste de l'opérateur</li> <li>- Éléments repliables</li> <li>- Exigences de résistance des protecteurs et des barres d'éloignement</li> <li>- Supports pour l'entretien et la maintenance</li> <li>- Équipement électrique</li> <li>- Composants et accessoires hydrauliques</li> <li>- Circuits pneumatiques</li> <li>- Liquides de service</li> <li>- Actionnement manuel d'éléments de machines</li> <li>- Entretien et manutention des parties de la machine</li> <li>- Compatibilité électromagnétique</li> <li>- Arrêt d'urgence</li> <li>- Parties des systèmes de commande relatives à la sécurité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Poste de l'opérateur</li> <li>- Déplacement de la machine</li> <li>- Alimentation électrique</li> <li>- Réservoir de carburant</li> <li>- Surfaces chaudes</li> <li>- Gaz d'échappement</li> <li>- Retournement et basculement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Commandes</li> <li>- Stabilité</li> <li>- Attelages pour le remorquage</li> <li>- Transmission de puissance mécanique entre des machines automotrices/tracteurs et une machine réceptrice</li> <li>- Liaisons hydrauliques, pneumatiques et électriques avec une machine automotrice ou véhicule tracteur</li> </ul>

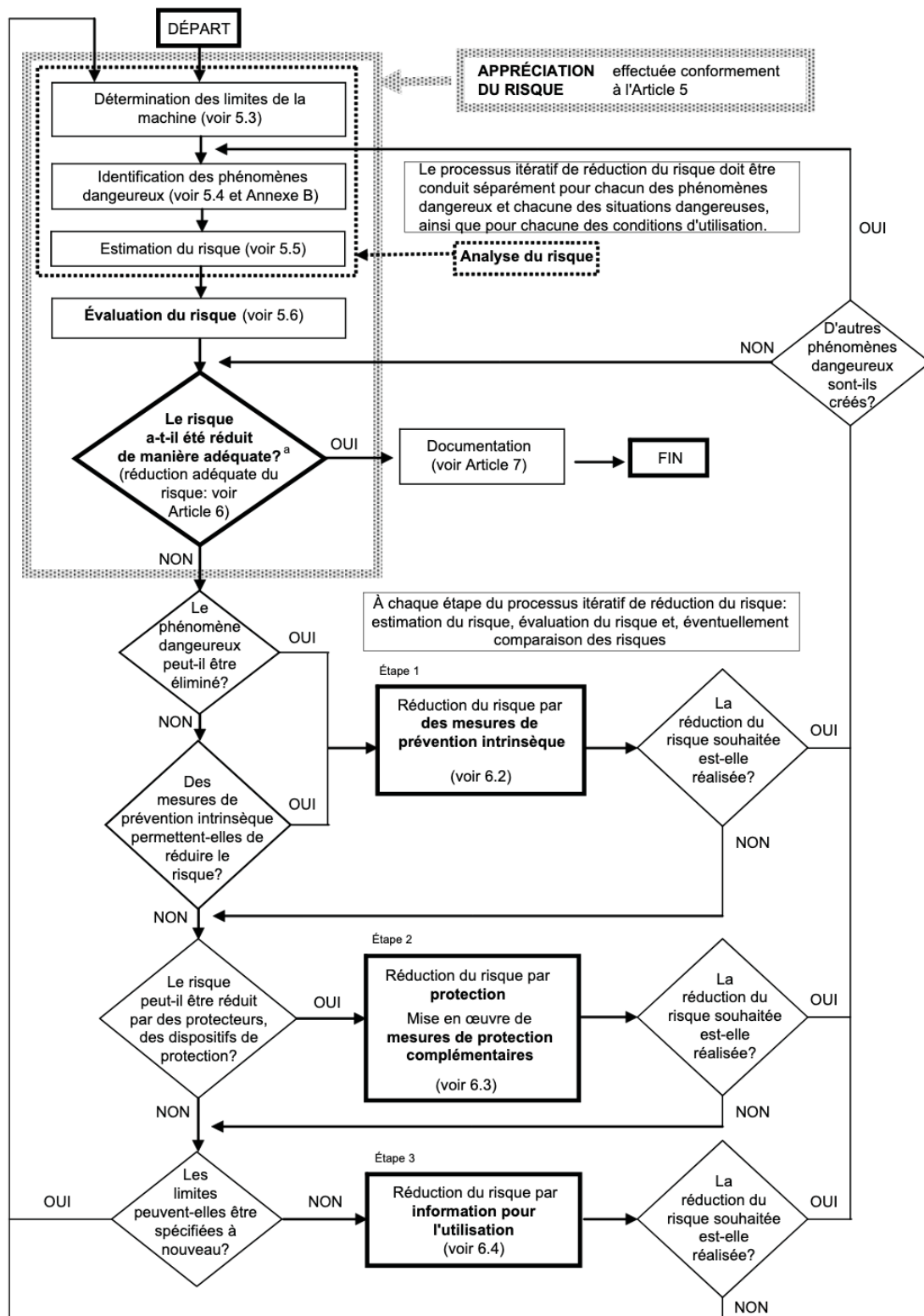
Tableau 53 – Exigences générales et/ou mesures de sécurité de la norme EN ISO 4254-1

## Norme 4254-6 : Matériel agricole – Sécurité – Partie 6 : Pulvérisateurs et distributeurs d'engrais liquides

Norme	Exigences de sécurité et/ou mesures de prévention
EN ISO 4254-6	<ul style="list-style-type: none"><li>- Stabilité des machines équipées de roues pour leur manutention manuelle lorsqu'elles sont dételées</li><li>- Pliage de la rampe de pulvérisation</li><li>- Réglage de la hauteur de la rampe de pulvérisation</li><li>- Cuve de pulvérisation</li><li>- Indicateur de pression</li><li>- Protection contre les surpressions</li><li>- Ventilateur pour assistance d'air</li><li>- Flexibles véhiculant les liquides de pulvérisation</li><li>- Organe de service commandant l'arrêt de la pulvérisation</li><li>- Cuve d'eau claire</li><li>- Stockage de l'équipement de protection individuelle</li><li>- Attelage et zone de dégagement</li><li>- Entretien et maintenance</li><li>- Réduction du bruit à la conception</li></ul>

Tableau 54 – Exigences générales et/ou mesures de sécurité de la norme EN ISO 4254-6

# Annexe N – Processus d’appréciation et de réduction du risque proposé par le norme EN ISO 12100



<sup>a</sup> La première fois que la question est posée, c'est le résultat de l'appréciation initiale du risque qui y répond.

Figure 112 – « Représentation schématique du processus de réduction du risque comprenant une méthode itérative en trois étapes » (Part. 4 de la norme EN ISO 12100)

# Understanding the situations of pesticide exposure during the use of sprayers. Design and regulation as a chain of determinants.

## Abstract

During the implementation of treatments that aim at protecting fields, sprayers prove to be a necessary tool for farmers. Nevertheless, due to their initial design and the ways they are used, these tools also turn out to be one of the determinants of pesticide exposure situations encountered by farmers. In order to better understand these situations, this thesis aims at identifying and understanding a specific chain of determinants based on analysis conducted at different levels: the treatment activities, the activities of sprayer design, the regulation that applies to this design and the activities of regulation development.

The ergonomic analysis of treatment activities highlights the fact that farmers encounter many issues during the use of their equipment, which leads, in most cases, to situations of pesticide exposure. To deal with those issues, farmers end up elaborating strategies that can lead them, for instance, to keep designing their equipment through its use. However, these forms of appropriation can result in situations of pesticide exposure, due to an arbitration between different criteria (production, protection). To that extent, the design of sprayers turns out to be determining in the emergence of these situations. The analysis of the design activities reveals that the design process depends on many factors (costs, timing, quality, innovation). The compromises made between these different factors prevent from taking into account farmers' real activity and the associated risks of contamination that eventually lead to the issues mentioned above. Also, the design activities are determined, at least partially, by regulation requirements that designers must take into account. The research work shows that designers have issues identifying and applying these requirements due to their diversity and their content. Although regulation requirements could serve as a resource to include health and safety matters in the design, the analysis of their content reveals important deficiencies. These deficiencies mainly revolve around the taking into account of farmers' real work and associated contamination risks. If the legal and technical rules determine, at least partially, the design activities, then they de facto determine situations of pesticide exposure during the use of sprayers. The analysis of the activities of rules development shows that the economic criterion holds a predominant position, sometimes at the expense of other criteria such as health and safety.

During this transdisciplinary research work involving ergonomics and law, the articulation between microscopic (treatment activities) and macroscopic (design and regulation) analysis turned out to be relevant to provide more information on the situations of pesticide exposure during the use of sprayers. The results of this thesis highlight the significance of considering changes at different levels. Considering the design and the regulation as transformation levers leads to a reflection upon the conditions to bring together so that different professional worlds, whether they are closely concerned by these issues or not, could collaborate and aim at a better prevention of pesticide exposure situations during the use of sprayers.

**Key words:** pesticide exposure situations, sprayer, chain of determinants, design, regulation, ergotoxicology

---

Bordeaux Population Health Research Center

INSERM, U1219, Équipe EPICENE, 146 rue Léo Saignat, 33076, Bordeaux

# **Comprendre les situations d'exposition aux pesticides lors de l'utilisation des pulvérisateurs. La conception et la réglementation comme chaîne de déterminants.**

## **Résumé**

Lors de la réalisation des traitements visant à protéger les cultures, les pulvérisateurs se révèlent être un outil indispensable pour les agriculteurs. Néanmoins, en raison de leur conception initiale et de leurs usages, ces machines s'avèrent également être un des déterminants des situations d'exposition aux pesticides rencontrées par les agriculteurs. Pour mieux comprendre ces situations, cette thèse propose d'identifier et de comprendre une chaîne particulière de déterminants à partir d'analyses à différents niveaux : celui des activités de traitement, celui des activités de conception des pulvérisateurs, celui de la réglementation applicable à leur conception et celui des activités d'élaboration de cette réglementation.

L'analyse ergonomique des activités de traitement met en évidence que les agriculteurs rencontrent de nombreuses difficultés lors de l'utilisation de leur matériel qui entraînent, dans une majeure partie des cas, des situations d'exposition aux pesticides. Pour faire face à ces difficultés, les agriculteurs sont amenés à développer des stratégies les amenant, par exemple, à poursuivre la conception de leur matériel dans l'usage. Ces formes d'appropriation peuvent néanmoins être à l'origine de situations d'exposition aux pesticides résultant d'arbitrages entre différents critères (production, protection). Pour ces raisons, la conception des pulvérisateurs se révèle être déterminante dans l'apparition de ces situations. L'analyse des activités de conception met alors en évidence que le processus de conception relève de nombreux enjeux (coûts, délais, qualité, innovation). Les compromis réalisés entre ces différents enjeux ne permettent pas de tenir compte de l'activité réelle des agriculteurs et des risques de contamination associés entraînant à terme les difficultés susmentionnées. De plus, les activités de conception sont elles-mêmes déterminées, au moins en partie, par des exigences réglementaires que les concepteurs doivent prendre en compte. Le travail de recherche montre que les concepteurs rencontrent des difficultés à identifier et à appliquer ces exigences en raison de leur diversité et de leur contenu. Alors que les exigences réglementaires pourraient constituer une ressource pour intégrer des enjeux de santé et de sécurité dans la conception, l'analyse de leur contenu révèle de profondes lacunes. Ces lacunes concernent principalement la prise en compte du travail réel des agriculteurs et des risques de contamination associés. Si les normes juridiques et techniques déterminent, au moins en partie, l'activité des concepteurs, alors de fait elles déterminent les situations d'exposition aux pesticides lors de l'utilisation des pulvérisateurs. L'analyse des activités d'élaboration de ces normes met en évidence que le critère économique occupe une place prédominante, et ce, parfois au détriment d'autres critères comme la santé et la sécurité.

Au cours de ce travail de recherche transdisciplinaire en ergonomie et droit, l'articulation d'analyses microscopiques (activités de traitement) et macroscopiques (conception et réglementation) s'est avérée pertinente pour mieux comprendre les situations d'exposition aux pesticides lors de l'utilisation des pulvérisateurs. Les résultats présentés dans cette thèse soulignent alors l'intérêt d'envisager des transformations à différentes échelles. En identifiant la conception et la réglementation comme des leviers de transformation, cela nous amène à réfléchir aux conditions à réunir pour que les différents mondes professionnels concernés de près ou de loin par ces problématiques collaborent pour viser à une meilleure prévention des situations d'exposition aux pesticides lors de l'utilisation des pulvérisateurs.

**Mots clés :** situations d'exposition aux pesticides, pulvérisateur, chaîne de déterminants, conception, réglementation, ergotoxicologie

---

**Bordeaux Population Health Research Center**

INSERM, U1219, Équipe EPICENE, 146 rue Léo Saignat, 33076, Bordeaux